Manual de Instalación

Tubería de Fibrocemento

Conducción de Agua a Presión Clase "A"





PRÓLOGO

El presente manual de instalación de tubería de fibrocemento para conducción de agua a presión Clase “A”, forma parte de una serie de publicaciones técnicas, editadas por **Mexalit Industrial, S.A. de C.V.;** dirigidas a ingenieros, proyectistas, contratistas y usuarios en general, como una información básica necesaria, basada en la experiencia **Mexalit, calidad que da confianza.**

La información y recomendaciones que se describen en éste manual, han sido aplicadas y probadas satisfactoriamente en centenares de instalaciones, en muy distintos lugares y en diversas condiciones tanto en México como en el extranjero; la experiencia **Mexalit** de más de 55 años es reconocida por organismos de normalización nacionales e internacionales, tales como: Organismo Nacional de Normalización y Certificación para la Construcción y Edificación (ONNCCE), ISO (International Organization for Standarization) y American Water Works Association (AWWA) y reconocida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Las consideraciones técnicas y económicas son muy importantes para el correcto planteamiento de un proyecto, pero de nada sirven si la instalación de la tubería es realizada en condiciones deficientes, defectuosas o incorrectas.

Es por eso, que éste manual de instalación resume una serie de condiciones y recomendaciones básicas, que deben ser tomadas en cuenta, que no requieren o plantean costo extra, pero que aseguran que el tubo de fibrocemento **Mexalit** quedará instalado en óptimas condiciones.



INDICE


MEXALIT



1.0 CONSIDERACIONES GENERALES

La selección adecuada de la tubería de fibrocemento, el conocimiento de los tipos de tubos y accesorios disponibles para la instalación, así como la constitución topográfica, física y química del terreno, evita gastos innecesarios y problemas posteriores.

La correspondencia entre las especificaciones del proyecto, el tipo de tubería requerida y suministrada, la correcta interpretación de las instrucciones de manejo, instalación, prueba y puesta en marcha, así como una experta dirección debe ser estricta para el éxito.

Es responsabilidad del proyectista la correcta identificación de las condiciones generales del proyecto y las especificaciones de la obra, contando con la entera disposición de **Mexalit** para ofrecer asistencia técnica durante la misma (descarga, instalación y pruebas de tuberías), incluyendo supervisión de obra y capacitación en gabinete y en sitio.

1.1. Características de las tuberías

Los tubos de fibrocemento **Mexalit** cumplen las especificaciones indicadas en la norma mexicana NMX-C-012-ONNCCE vigente, utilizando materias primas de la más alta calidad certificada y con tecnología de vanguardia, dando como resultado un producto homogéneo y monolítico con gran resistencia química a los sulfatos del suelo y resistencia estructural capaz de soportar las cargas externas y las presiones a las que están expuestos los tubos.

1.1.1. Libres de incrustaciones

Las tuberías conservan su diámetro interior, garantizando un flujo constante a través del tiempo. Su superficie es inmune a las incrustaciones por oxidación o tubérculos, que aparecen en otros tipos de tuberías y que reducen el caudal del fluido.

1.1.2. Livianos

Por su bajo peso, facilita y trae ventajas económicas en el transporte, manejo e instalación.

1.1.3. Fáciles de instalar

De gran importancia en suelos poco cohesivos y/o con nivel freático alto, disminuyendo los costos de instalación. Además se pueden instalar directamente piezas especiales de concreto con alma de acero.

1.1.4. Resistentes a los golpes de ariete

Están diseñadas para soportar las presiones internas de trabajo a las que serán sometidas, que sumado a su bajo coeficiente de elasticidad (entre 200 000 y 300 000 kg/cm^2), le dan a los tubos **Mexalit** características técnicas inmejorables para absorber los esfuerzos dinámicos ocasionados por las sobrepresiones, por lo cual los “efectos de ariete” son menores que en las tuberías metálicas.

1.1.5. Inmunes a la corrosión por electrólisis

Los tubos **Mexalit** son totalmente inmunes a las corrientes eléctricas vagabundas, evitando así el riesgo de corrosión y perforación de la pared del tubo.

1.1.6. Uniones herméticas

La junta **SUPER SIMPLEX** constituida por un cople con dos ranuras en el interior para alojar los anillos de hule garantiza absoluta hermeticidad en toda la conducción, además por su diseño se logra un espacio entre tubo y tubo necesario para efectos de dilatación y contracción, logrando deflexiones hasta de 5 grados en tubos de 3” a 12” y hasta 2 grados en diámetros mayores.



1.1.7. Resistentes a las cargas externas y al impacto

Los tubos de conducción a presión están diseñados además para resistir las cargas al aplastamiento y a la flexión, superando los requerimientos de la norma mexicana NMX-C-012-ONNCCE vigente. Un tubo instalado de acuerdo a las especificaciones dadas por **Mexalit**, soporta en forma excepcional los esfuerzos producidos por las cargas externas.

1.1.8. Rendimiento hidráulico

La superficie interior lisa de las paredes del tubo, ofrece mínima resistencia al paso de agua, garantizando un coeficiente de flujo bajo.

1.1.9. Tubos con recubrimientos especiales

Mexalit, consiente de sus necesidades, ofrece soluciones hidráulicas a sus proyectos, en función de las diversas condiciones que pueden estar presentes en algunos casos especiales de agua y suelo, por ello ofrecemos:

✓ Tubos con recubrimiento en pared exterior.
✓ Tubos con recubrimiento en pared interior.
✓ Tubos con recubrimiento en pared interior y pared exterior.

El recubrimiento que aplicamos es tipo RP-5B, el cual cumple con la norma de referencia NRF-026-PEMEX, este recubrimiento es aplicado sobre pedido.

1.2. Piezas especiales

Mexalit tiene todas las conexiones que su tubería requiera, fabricadas de concreto con alma de acero, entre otras:

✓Codos en cualquier ángulo,
✓"Tes",
✓Reducciones y/o ampliaciones,
✓"Yes",
✓Terminales con o sin brida para conexiones,
✓Adaptadores,
✓Inserciones,
✓Brazaletes selladores o juntas zeta, etc.

1.3. Asistencia técnica y servicio

Mexalit ofrece soluciones integrales, contamos con personal altamente capacitado para proporcionarle asesoría técnica y servicio en:

✓Proyectos hidráulicos de infraestructura,
✓Diseño de líneas de conducción,
✓Despiece de tuberías (lay-out),
✓Modificaciones requeridas en líneas existentes,
✓Asistencia técnica durante la descarga, instalación y pruebas,
✓Supervisión de obras,
✓Capacitación a instaladores.



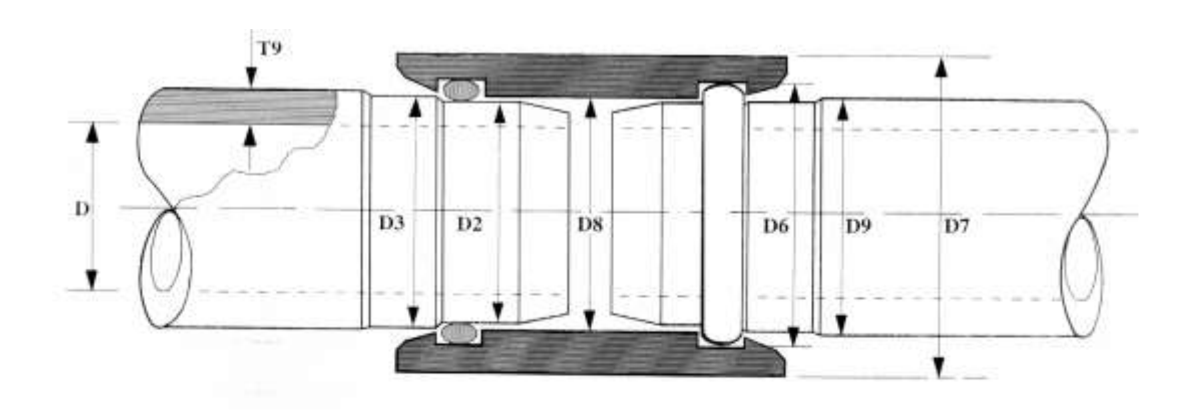






1.4. Dimensiones de los tubos

14.1. Corte de los tubos de fibrocemento



donde:

D	Diámetro interior nominal	D9	Diámetro exterior*
T9	Espesor de pared*	D3	Diámetro intermedio
D2	Diámetro sección de enchufe	D6	Diámetro de ranura de copete
D8	Diámetro interior del cople	D7	Diámetro exterior del cople*

*Nota: Sujeto a tolerancias de fabricación



Tabla 2. Dimensiones y Pesos de Tubos de Fibrocemento Tipo II (Junta Simplex)

D	mm	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1050
	Pulgadas	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42
A-5	D2	93.0	118.0	167.0	219.0	274.0	326.0	379.0	432.0	484.0	536.0	639.0	801.0	963.0	1124.0
	D3=D8	97.0	122.0	171.0	223.0	278.0	330.0	383.0	436.0	488.0	540.0	643.0	805.0	967.0	1128.0
	D6	112.0	137.0	186.0	238.0	293.0	345.0	403.0	456.0	508.0	560.0	663.0	825.0	987.0	1148.0
	D7	132.0	157.0	208.0	262.0	320.0	375.0	432.0	490.0	546.0	602.0	713.0	887.0	1061.0	1235.0
	D9	99.0	124.0	174.0	226.0	281.0	334.0	387.0	440.0	492.0	544.0	648.0	810.0	972.0	1134.0
	T9	12.0	12.0	12.0	13.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.0	22.0	24.0	30.0	36.0	42.0
	Peso tubo (kg/m)	6.6	8.4	12.2	17.4	25.9	33.9	42.8	52.8	62.1	72.2	94.1	147.0	211.7	288.2
	Peso cople (kg/pza)	2.2	2.7	3.9	5.2	7.7	9.7	13.8	17.3	22.2	26.2	37.9	55.4	82.3	109.2
A-7	D2	95.0	120.0	170.0	224.0	279.0	332.0	386.0	439.0	491.0	543.0	646.0	809.0	971.0	1134.0
	D3=D8	99.0	124.0	174.0	228.0	283.0	336.0	390.0	443.0	495.0	547.0	650.0	813.0	975.0	1138.0
	D6	114.0	139.0	189.0	243.0	298.0	351.0	410.0	463.0	515.0	567.0	670.0	833.0	995.0	1158.0
	D7	137.0	162.0	214.0	272.0	333.0	389.0	448.0	505.0	562.0	618.0	730.0	907.0	1083.0	1260.0
	D9	101.0	126.0	177.0	231.0	286.0	340.0	394.0	447.0	499.0	551.0	655.0	818.0	980.0	1144.0
	T9	13.0	13.0	13.5	15.5	18.0	20.0	22.0	23.5	24.5	25.5	27.5	34.0	40.0	47.0
	Peso tubo (kg/m)	7.2	9.2	13.9	21.0	30.3	40.2	51.4	62.5	73.0	84.2	108.4	167.5	236.2	324.0
	Peso cople (kg/pza)	2.5	3.0	4.3	6.1	9.4	11.7	16.8	20.3	26.3	30.7	44.0	64.5	96.0	126.4
A-10	D2	98.0	123.0	176.0	231.0	288.0	344.0	397.0	450.0	504.0	556.0	660.0	825.0	991.0	1158.0
	D3=D8	102.0	127.0	180.0	235.0	292.0	348.0	401.0	454.0	508.0	560.0	664.0	829.0	995.0	1162.0
	D6	117.0	142.0	195.0	250.0	307.0	363.0	421.0	474.0	528.0	580.0	684.0	849.0	1015.0	1182.0
	D7	144.0	170.0	226.0	287.0	350.0	412.0	471.0	530.0	590.0	648.0	763.0	946.0	1130.0	1316.0
	D9	104.0	129.0	183.0	238.0	295.0	352.0	405.0	458.0	512.0	564.0	669.0	834.0	1000.0	1168.0
	T9	14.5	14.5	16.5	19.0	22.5	26.0	27.5	29.0	31.0	32.0	34.5	42.0	50.0	59.0
	Peso tubo (kg/m)	8.2	10.4	17.3	26.1	38.5	53.3	65.2	78.2	93.7	107.0	137.5	209.0	298.5	411.1
	Peso cople (kg/pza)	2.9	3.5	5.2	7.5	11.3	14.8	21.1	25.8	33.4	39.4	56.4	82.9	123.9	164.8
A-14	D2	104.0	131.0	185.0	245.0	305.0	362.0	418.0	474.0	528.0	582.0	689.0	862.0	1035.0	1208.0
	D3=D8	108.0	135.0	189.0	249.0	309.0	366.0	422.0	478.0	532.0	586.0	693.0	866.0	1039.0	1212.0
	D6	123.0	150.0	204.0	264.0	324.0	381.0	442.0	498.0	552.0	606.0	713.0	886.0	1059.0	1232.0
	D7	150.0	178.0	241.0	314.0	386.0	453.0	518.0	582.0	645.0	708.0	832.0	1033.0	1233.0	1434.0
	D9	110.0	137.0	192.0	252.0	312.0	370.0	426.0	482.0	536.0	590.0	698.0	871.0	1044.0	1218.0
	T9	17.5	18.5	21.0	26.0	31.0	35.0	38.0	41.0	43.0	45.0	49.0	60.5	72.0	84.0
	Peso tubo (kg/m)	10.2	13.8	22.6	36.9	54.7	73.7	92.6	113.6	133.2	154.1	199.8	308.1	439.7	598.5
	Peso cople (kg/pza)	3.0	3.7	6.2	10.1	16.3	21.7	31.2	38.1	49.3	58.5	84.6	126.5	190.4	253.7
A-20	D2					328.0	389.0	448.0	506.0	562.0	616.0	730.0	913.0	1096.0	1280.0
	D3=D8					332.0	393.0	452.0	510.0	566.0	620.0	734.0	917.0	1100.0	1284.0
	D6					347.0	408.0	472.0	530.0	586.0	640.0	754.0	937.0	1120.0	1304.0
	D7					460.0	533.0	601.0	667.0	728.0	784.0	923.0	1147.0	1370.0	1594.0
	D9					335.0	397.0	456.0	514.0	570.0	624.0	739.0	922.0	1105.0	1290.0
	T9					42.5	48.5	53.0	57.0	60.0	62.0	69.5	86.0	102.5	120.0
	Peso tubo (kg/m)					78.1	106.2	134.2	163.7	192.3	218.9	292.4	451.7	645.6	882.2
	Peso cople (kg/pza)					30.9	39.5	54.2	63.7	77.9	85.4	125.0	189.4	288.1	385.4



Tabla 3. Resistencia a la Presión Hidrostática Interna y Resistencia Mínima de Aplastamiento

Diámetro nominal	Clase	Presión hidrostática interna – Ensayo sistemático en fabrica			Resistencia al Reventamiento			Resistencia Mínima de Aplastamiento	
mm		MPa(5)	(Kg$_f$/cm²)(1)	RPS(2)	MPa	(Kg$_f$/cm²)(1)	RPR(3)	kg/m²	kg$_f$/m
75 y 100	A – 5	1,72	(17,5)	3,50	2,45	(25,0)	5,0	70000 - 36000	5 250 - 3 600
de 150 a 250	A – 5	1,47	(15,0)	3,00	1,96	(20,0)	4,0	19000 - 13500 - 11500	2 850 - 2 700 - 2 875
300	A – 5	1,40	(14,3)	2,85	1,86	(19,0)	3,8	9500	2 850
350	A – 5	1,32	(13,5)	2,70	1,77	(18,0)	3,6	8700	3 045
400	A – 5	1,25	(12,8)	2,55	1,67	(17,0)	3,4	8000	3 200
450	A – 5	1,18	(12,0)	2,40	1,57	(16,0)	3,2	7400	3 330
500	A – 5	1,10	(11,3)	2,25	1,47	(15,0)	3,0	6800	3 400
de 600 a 1,050	A – 5	1,03	(10,5)	2,10	1,37	(14,0)	2,8	6200	3 720 a 12 400 (4)
75 y 100	A – 7	2,40	(24,5)	3,50	3,43	(35,0)	5,0	90000 - 44000	6 750 - 4 400
de 150 a 250	A – 7	2,06	(21,0)	3,00	2,75	(28,0)	4,0	26000 - 23000 - 20000	3 900 - 4 600 - 5 000
300	A – 7	1,96	(20,0)	2,85	2,61	(26,6)	3,8	17000	5 100
350	A – 7	1,85	(18,9)	2,70	2,47	(25,2)	3,6	15200	5 320
400	A – 7	1,75	(17,9)	2,55	2,33	(23,8)	3,4	13600	5 440
450	A – 7	1,65	(16,8)	2,40	2,20	(22,4)	3,2	12200	5 490
500	A – 7	1,54	(15,8)	2,25	2,06	(21,0)	3,0	10900	5 450
de 600 a 1,050	A – 7	1,44	(14,7)	2,10	1,92	(19,6)	2,8	9800	5 880 a 19 600 (4)
75 y 100	A – 10	3,43	(35,0)	3,50	4,90	(50,0)	5,0	110000 - 75000	8 250 - 7 500
de 150 a 250	A – 10	2,94	(30,0)	3,00	3,92	(40,0)	4,0	46000 - 39000 - 35000	6 900 - 7 800 - 8 750
300	A – 10	2,79	(28,5)	2,85	3,73	(38,0)	3,8	31000	9 300
350	A – 10	2,65	(27,0)	2,70	3,53	(36,0)	3,6	28000	9 800
400	A – 10	2,50	(25,5)	2,55	3,33	(34,0)	3,4	25000	10 000
450	A – 10	2,35	(24,0)	2,40	3,14	(32,0)	3,2	22000	9 900
500	A – 10	2,21	(22,5)	2,25	2,94	(30,0)	3,0	20000	10 000
de 600 a 1,050	A – 10	2,06	(21,0)	2,10	2,75	(28,0)	2,8	18000	10 800 a 36 000 (4)
75 y 100	A – 14	4,81	(49,0)	3,50	6,86	(70,0)	5,0	190000 - 120000	14 250 - 12 000
de 150 a 250	A – 14	4,12	(42,0)	3,00	5,49	(56,0)	4,0	80000 - 75000 - 65000	12 000 - 15 000 - 16 250
300	A – 14	3,91	(39,9)	2,85	5,22	(53,2)	3,8	58000	17 400
350	A – 14	3,71	(37,8)	2,70	4,94	(50,4)	3,6	52000	18 200
400	A – 14	3,50	(35,7)	2,55	4,67	(47,6)	3,4	46000	18 400
450	A – 14	3,30	(33,6)	2,40	4,39	(44,8)	3,2	41000	18 450
500	A – 14	3,09	(31,5)	2,25	4,12	(42,0)	3,0	36000	18 000
de 600 a 1,050	A – 14	2,88	(29,4)	2,10	3,84	(39,2)	2,8	32000	19 200 a 64 000 (4)
250	A – 20	6,00	(60,0)	3,00	7,84	(80,0)	4,0	70000	17 500
300	A – 20	5,70	(57,0)	2,85	7,46	(76,0)	3,8	70000	21 000
350	A – 20	5,40	(54,0)	2,70	7,06	(72,0)	3,6	70000	24 500
400	A – 20	5,10	(51,0)	2,55	6,67	(68,0)	3,4	70000	28 000
450	A – 20	4,80	(48,0)	2,40	6,27	(64,0)	3,2	70000	31 500
500	A – 20	4,41	(45,0)	2,25	5,88	(60,0)	3,0	70000	35 000
de 600 a 750	A – 20	4,12	(42,0)	2,10	5,49	(56,0)	2,8	70000	42 000 a 140 000 (4)

(1) Los kg/cm² fueron convertidos y redondeados

Relación de presiones (RF) se establecen para cada diámetro nominal o intervalo de diámetros, dos relaciones presiones hidrostáticas internas manométricas con respecto a la presión nominal de trabajo.

(2) RPS. Es el resultado de dividir la presión del ensayo hidrostático entre la presión de trabajo.

(3) RPR. Es el resultado de dividir la resistencia al reventamiento mínima entre la presión de trabajo.

(4) Para conocer los valores individuales para cada espesor, consulte la norma NMX-C-012-ONNCCE vigente.

(5) MPa = Megapascal = 10.197 kg$_f$/cm²



2.0 TRANSPORTE, DESCARGA Y ACOPIO DE LOS TUBOS

Durante el transporte de los tubos hasta el punto de instalación, es necesario tomar las precauciones debidas para evitar que los tubos sufran esfuerzos superiores a los que han sido calculados, en muchas ocasiones los esfuerzos por manipulación son superiores a los que sufre el tubo en servicio, especialmente en lo que a flexión longitudinal se refiere.

2.1. Transporte

En general los tubos son embarcados empleando métodos aceptados por los transportistas, por lo que ellos asumen la responsabilidad de entregar la carga completa y en buenas condiciones.

Los tubos se colocan en los vehículos en posición horizontal sobre cunas o listones, los tubos deben ser transportados de tal forma que se garantice la inmovilidad transversal y longitudinal de la carga, así como la adecuada sujeción de los tubos apilados.

Cuando se utilicen cables o eslingas de acero, éstas deben ser convenientemente protegidas para evitar cualquier daño en la superficie del tubo, para evitar que pueda afectar negativamente a su durabilidad y su desempeño (de otra forma conviene insertar una banda ahulada entre cable y tubo). La manipulación de los tubos en fábrica y el transporte a obra deben efectuarse sin que sufran golpes o rozaduras, principalmente en las espigas.

En la conducción de vehículos un alto nivel de seguridad y experiencia es requerido para reducir los riesgos de accidentes de transito, tanto para la sujeción y revisión periódica en la conducción, evitando las maniobras bruscas que puedan producir daños.



FIGURA 1. Transporte de tubos

2.2. Recepción en obra

El responsable de la obra debe realizar una inspección visual de los tubos desde la descarga a fin de eliminar del acomodo los tubos defectuosos o dañados durante el transporte, aunque este hecho es totalmente previsible desde fábrica para evitar mermas en los proyectos, para la recepción en obra, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los tubos que entren en obra, aunque previamente hayan sido inspeccionados en la fábrica, deben ser detenidamente revisados en su recepción,
- Es responsabilidad del receptor verificar que los tubos correspondan al pedido solicitado y que no han sufrido daños al momento de la recepción,
- Cualquier anomalía que se detecte debe ser motivo de consideración, tomándose las precauciones necesarias para apartar el material que ofrezca dudas para su utilización. Los extremos dañados, daños en la superficie o pequeñas fisuras pueden ser reparados en obra previamente a su instalación.

Las anomalías deben quedar reflejadas en el documento de recepción, anotándose la cantidad de piezas dañadas y el tipo de daño advertido.

2.3. Descarga

La descarga se puede realizar con los medios materiales y humanos adecuados para que la misma se realice con seguridad. Deben adoptarse las instrucciones siguientes al respecto:

- No use barretas, cinceles o martillos para cortar los flejes,
- No golpee los tubos al cortar
- Evite que los tubos superiores se resbalen.

El contratista debe proveer el procedimiento de descarga y manipulación de tubos más acorde con las especificaciones de calidad de la obra.

2.3.1. Descarga Manual

Los tubos de 100 a 250 mm pueden descargarse a mano, en este caso, la descarga nunca se hará deslizando los tubos sobre sus extremos maquinados ya que los puede dañar.

2.3.1.1. Descarga lateral

Para descargar con cables y tablones, estos deben tener la resistencia adecuada al peso de los tubos y la longitud suficiente para que, apoyando uno de sus extremos sobre la penúltima hilada (cuando vienen apilados) o en la parte baja del tubo, se forme una pendiente no mayor a 45°.

Se colocan el cable entre la penúltima y última hilada o entre la plataforma y el tubo según sea el caso, atando un extremo de cada cable a la plataforma del camión, del lado opuesto al que se han colocado los tablones; el otro extremo de los cables, después de pasar bajo el último tubo de la hilada superior o del tubo único, se hace dar vuelta alrededor de éste para que pasándolo por encima, vaya a las manos de los operarios que ejecutarán la maniobra de descenso, parados arriba de la estiba, lo cual es aceptable hasta tubos de diámetros de 200 a 300 mm.

Sosteniendo el tubo por bajar con los cables, se le quitan las cuñas, colocándoselas al tubo siguiente, y se baja haciéndolo rodar sobre los tablones, controlando su velocidad y dirección con los cables.





FIGURA 2. Descarga lateral de tubos de fibrocemento

Para tubos de diámetro de 300 a 500 mm, se usa el mismo método anterior, con dos hombres arriba de la estiba para pasar los cables alrededor del tubo por bajar y el acuñamiento del siguiente, y dos hombres por cada cable para controlar su extremo y la operación de bajado.



2.3.2. Descarga mecánica

Los tubos de diámetro mayor a 500 mm se pueden descargar con la maquinaria convencional de excavación y de elevación, siempre que se disponga de dispositivos adecuados, con el objeto de controlar con precisión los movimientos de descarga. Es recomendable el empleo de grúas automotrices para la descarga de tubos de peso superior a 300 Kg.



FIGURA 3. Descarga de tubos de fibrocemento con grúa

En la figura 4 se muestran los implementos y accesorios empleados por lo general en la descarga. Los puntos de contacto de estos útiles deben disponer de protecciones elásticas. Una vez suspendido el tubo y hasta situarlo en su lugar de acopio han de tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Evitar golpes entre tubos y contra el terreno
- Guiar la carga tanto al elevarla como al depositarla (puede utilizar cuerdas de control) para mayor seguridad
- Maniobrar con suavidad
- Nunca situarse debajo de la carga
- Evitar que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados o sobre rocas
- Después de la descarga evitar que los tubos sean arrastrados o rodados
- Descargarlos lo más cerca posible del lugar donde van a ser instalados

¡Pero recuerde extremar las acciones de seguridad!

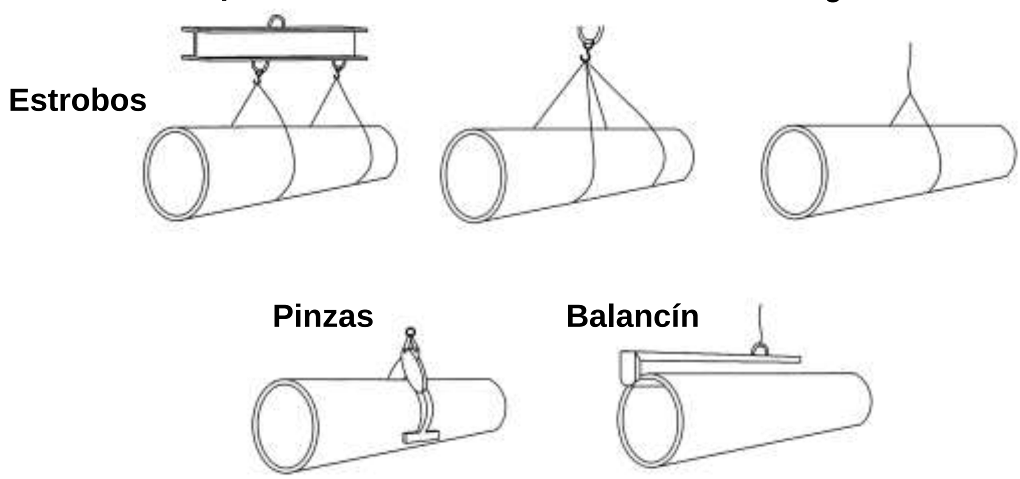


FIGURA 4. Implementos y accesorios para descarga mecánica de los tubos

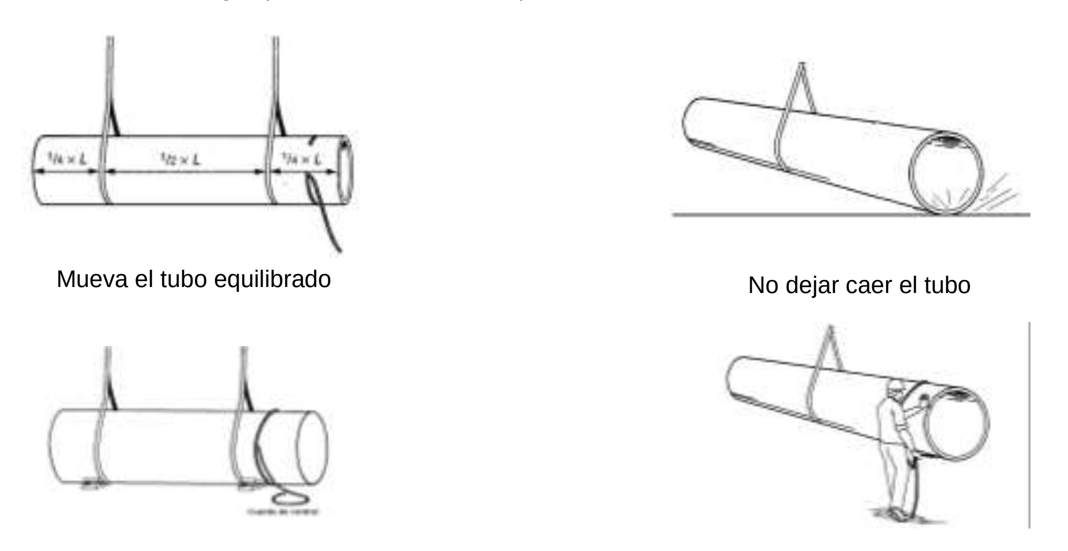


No se admite la manipulación con dispositivos formados por cables desnudos, ni por cadenas que estén en contacto con los extremos espiga del tubo. En caso necesario, los cables y cadenas deben tener revestimiento protector en la zona de contacto con el tubo.

Tampoco se permiten las descargas en grupo con cables o cadenas, salvo que se disponga de un estrobo apropiado.

Se recomienda la suspensión por medio de bandas anchas o eslingas con el recubrimiento adecuado o de pinzas mecánicas que sujeten el tubo por la parte recta. En caso de emplearse balancines que ensarten el tubo, toda su zona de contacto con el mismo debe estar recubierta de madera o de goma; el tubo debe estar bien centrado de manera que este sea descargado nivelado y sin peligro de que se resbale y se golpee ó genere accidentes, véase figura 5.

Una buena coordinación de los suministros con la marcha de la obra reduce el movimiento de los tubos y, en consecuencia, evita los riesgos por deterioro en la manipulación.



Movimiento del tubo con dos eslingas

Movimiento del tubo con una eslinga

FIGURA 5. Descarga de tubos por medios mecánicos

Se recomienda siempre que sea posible, descargar con grúa con capacidad suficiente para el manejo del tubo. El manejo se asegura con cinchos o eslingas, en la figura 6 se da un ejemplo de un gancho de manejo para descarga de tubos.

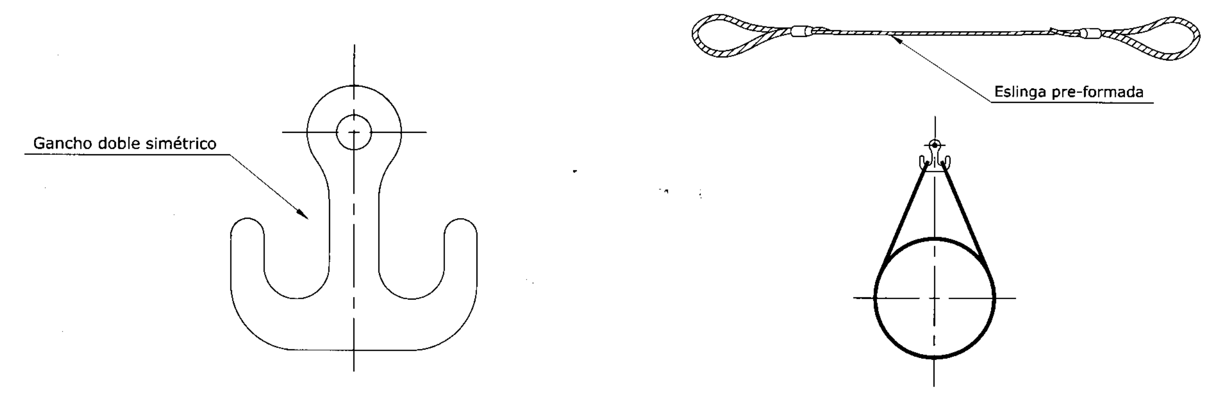


FIGURA 6. Ejemplo de gancho y eslinga para descargar tubos

En caso de no disponer de grúas, se utilizará el sistema de cables y tablones, colocando por cable una estaca que se fije en la plataforma, al lado opuesto de los tablones. En este caso, con cada cable se dan una o más vueltas alrededor de la estaca correspondiente, dependiendo del peso del tubo, para controlar la velocidad con que éste bajará.



FIGURA 7. Ejemplo de colocación de cable en la estaca de la plataforma del camión

Si la descarga se hace con montacargas, descárguese solamente la cantidad de tubos que quepan en la longitud de sus cuchillas u horquillas.

2.4. Acopio de tubos en obra

En el acopio de tubos deben ser seguidas las instrucciones del fabricante, así como las especificaciones propias del producto.

El acopio de los tubos se hace generalmente lo más cerca posible del punto de instalación. No deben almacenarse los tubos por largo tiempo en condiciones expuestas en la obra.



FIGURA 8. Acopio de tubos de fibrocemento

Si la instalación no se hace de inmediato, se deben estibar los tubos y coples a distancias convenientes para su distribución final, y protegerse adecuadamente.

Se escogen zonas despejadas de la obra que permitan las maniobras de descarga y el paso de los vehículos y grúas. Los tubos apilados no deben ser colocados en la proximidad de zanjas abiertas.

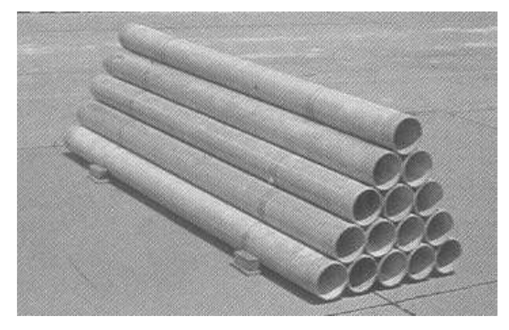
En el apilado piramidal se deben adoptar precauciones especiales al calzar lateralmente los tubos para evitar que rueden. Se debe evitar una altura excesiva en el apilamiento para que los tubos de la parte inferior no estén sobrecargados.

Los tubos de diámetro pequeño pueden ser apilados de la misma manera que se cargan en el camión. El acopio de los tubos debe ser de manera horizontal, la hilada inferior debe colocarse en una superficie plana y nivelada, apoyándose sobre tablones paralelos colocados a 1/5 de los extremos del tubo, además debe calzarse adecuadamente para evitar desplazamientos, apoyándose los tubos sobre sus partes rectas.

Si durante los trabajos de acopio se detectara algún tubo dañado, debe ser separado, marcado y situado en acopio aparte.




Apilado rectangular



Apilado piramidal

FIGURA 9. Tipos de apilado de tubos de fibrocemento en obra

2.5. Acopio de juntas de hule en obra

Las juntas de hule se deben almacenar bajo cubierta, en un lugar fresco y seco y protegidos de la luz, especialmente de la radiación solar directa y de las radiaciones artificiales con un elevado porcentaje de ultravioletas, y se deben almacenar en contenedores opacos.

Tampoco deben estar en contacto con materiales líquidos o semi-sólidos, en especial solventes, aceites y grasas, ni con metales.

No deben almacenarse en puntos próximos a instalaciones eléctricas capaces de generar ozono, como por ejemplo, las lámparas de vapor de mercurio, el material eléctrico de alta tensión u otro tipo de equipos que puedan producir chispas o descargas eléctricas silenciosas. Deben protegerse de los gases de combustión y de los vapores orgánicos.

Asimismo las juntas deben estar libres de esfuerzos de tracción, compresión o de cualquier otro tipo de esfuerzo que puedan deformarlas (retorcidas, con peso encima, etc.).

Para controlar las necesidades de montaje y evitar errores las juntas deben estar clasificadas, bien localizadas y limpias.

3.0 SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN DE TUBERÍA

3.1. Riesgos

Los riesgos más comunes para el personal que interviene en todo el proceso de instalación de una tubería son: desprendimiento de tierras, caída de personas a distintos niveles en el interior de la zanja, enterramientos accidentales, atrapamientos de personas por la maquinaria y los derivados por interferencias con conducciones enterradas, inundación, golpes por objetos, caída de objetos, etc.

Dadas las consecuencias que se pueden presentar deben adoptarse medidas preventivas, las cuales pueden resumirse en:

- El personal que va a trabajar en el interior de las zanjas debe conocer los riesgos a los que puede estar sometido,



- El acceso y salida de una zanja se debe efectuar mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y apoyada sobre una superficie sólida de reparto de cargas,



FIGURA 10. Ejemplo de uso de una escalera de acceso y salida de una zanja

- Deben prohibirse los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia menor a 0,60 m, como regla, del borde de la zanja,
- Cuando la profundidad de la zanja sea igual o superior a los 2 m se deben proteger los bordes mediante una barandilla situada a una distancia mínima de 2 m,
- Si la profundidad de la excavación es menor a 2 m, puede instalarse una señalización de peligro (puede ser una línea de yeso o cal situada a 2 m del borde de la zanja, cuerda con banderolas, etc.),
- Si los trabajos requieren iluminación se efectuaran mediante torretas aisladas con toma de tierra,
- Si se requiere iluminación portátil, la alimentación de las lámparas se efectuara a 24 V,
- Se deben revisar los taludes o cortes a intervalos regulares, para evitar desprendimientos debido al uso de martillos neumáticos, compactadores, excavadoras, etc.,
- Los trabajos a realizar en los bordes de las zanjas con taludes no muy estables, se deben realizar sujetos con el cinturón de seguridad amarrado a puntos fuertes ubicados en el exterior de las zanjas,
- Se debe efectuar el achique inmediato de las aguas que afloran o caen en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes,
- Todos los apuntalamientos deben ser revisados periódicamente,
- Para acceder o salir de una zanja deben utilizarse escaleras de mano; para pasar por encima de la zanja se deben instalar pasarelas adecuadas. Nunca debe pasarse sobre los elementos del apuntalamiento.

3.2. Equipo de protección personal

En lo referente al equipo de protección personal se han de utilizar: casco, mascarilla antipolvo, cinturón de seguridad, guantes de cuero, ropa de trabajo, protectores auditivos, entre otros.

3.3. Brigadas de seguridad

Es recomendable contar con brigadas de seguridad, las cuales serán responsables de supervisar las maniobras de descarga y colocación de los tubos en una forma segura, también serán responsables de verificar que el equipo e instalaciones estén en buen estado o bien instalado, evitando con ello accidentes y retraso de tiempo en la ejecución de la obra.

4.0 VERIFICACIÓN DE OPERACIONES Y DATOS DEL PROYECTO ANTES DE INSTALAR LA TUBERÍA

Es indispensable que un mismo técnico sea responsable cuando menos, de las siguientes operaciones:

- Verificación de la cama de apoyo (calidad, nivelación),
- Geometría del trazo,
- Radio de curvaturas,
- Pendientes,
- Acomodo de los tubos en la zanja,
- Tipo de zanja,
- Preparación y protección de juntas,
- Colocación propiamente dicha incluyendo pruebas de juntas,
- Relleno inicial (acostillado y/o centros).

Según la importancia y la organización de los trabajos, ésta responsabilidad del jefe de instalación puede abarcar también las siguientes operaciones:

- Confección de la cama de apoyo,
- Relleno apisonado y camellones,
- Relleno final y prueba de línea.

En todo momento el jefe de instalación debe asegurarse que:

- El trazo de las zanjas y las estacas de señalización estén en su lugar,
- El acomodo es correcto y en particular que los tubos sean recibidos en cantidad suficiente y en la clase especificada.

5.0 GEOMETRÍA DEL TRAZO

Antes de iniciar la excavación de las zanjas es necesario conocer perfectamente los detalles de la instalación, pendientes, tipo de tubos, la colocación de los tubos, el tipo de junta a utilizar, los atraques, etc. lo que permitirá contar con una obra de acuerdo al diseño.

5.1. Sentido de colocación

En colocación normal, el extremo espiga del tubo a colocar se introduce en el cople del tubo anteriormente colocado; pero el proceso inverso es posible. El trabajo más fácil consiste en que el progreso del tendido sea ascendente.

5.2. Pendientes

En conducciones de agua a presión, el aire es un problema que debe ser eliminado, por lo que un estudio adecuado del perfil de la conducción es necesario. Importantes cantidades de aire pueden quedar confinadas en una tubería al tiempo de llenarla como consecuencia de insuficientes válvulas de purga. El aire también puede introducirse en una línea bajo presión, si por ejemplo, el agua es agitada en la toma de la bomba o si los tubos de aspiración o los empaques de las bombas no son herméticos; finalmente el aire disuelto, en el agua bajo presión se separa en los puntos de la tubería donde la presión disminuye (puntos altos), en los cuales es necesario expulsarlo por distintos medios.

El perfil de una línea de conducción deberá establecerse de manera que se facilite la acumulación del aire en puntos altos, bien determinados, donde se instalarán los dispositivos de evacuación, para lograr esto se recomienda:

1) Dar siempre cierta pendiente a la línea, para facilitar la subida de aire, se recomienda dar una pendiente constante de 2 mm/m a 3 mm/m como mínimo.



Si hay cambios de pendientes inevitables por el perfil del terreno, evite multiplicarlos con exceso, sobre todo en tuberías de grandes diámetros.

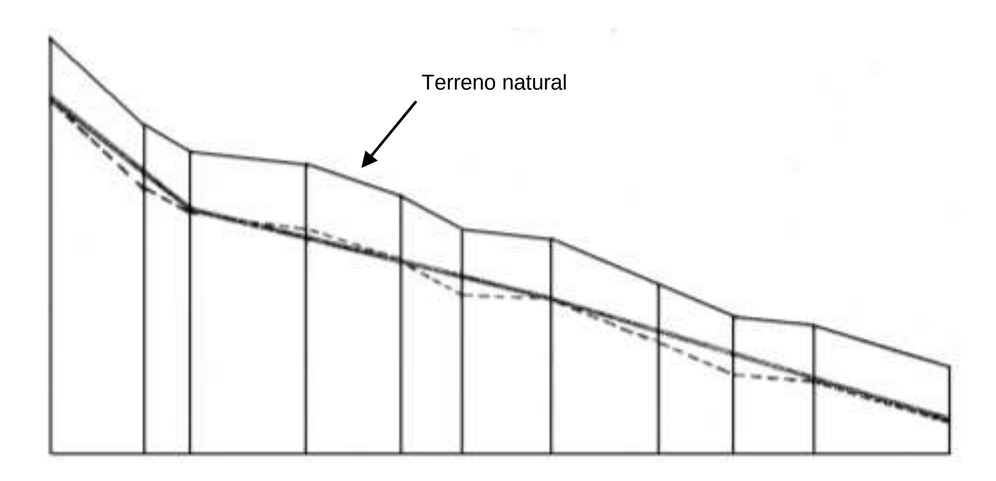


FIGURA 11. Ejemplo de un trazo con pendiente constante

2) Si en una línea se cuenta con varios puntos altos, es recomendable prever una pendiente mínima de 2 mm/m a 3 mm/m en pendiente ascendente y de 4 mm/m a 6 mm en bajadas. Los aparatos de purga

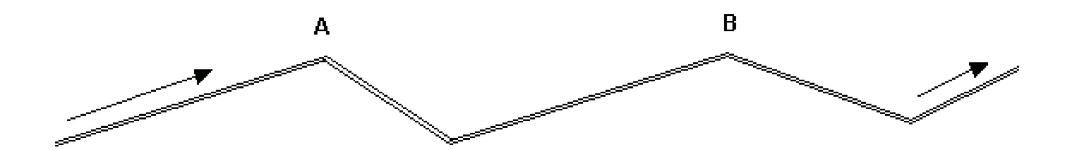


FIGURA 12. Ejemplo de un trazo con subidas suaves y bajadas pronunciadas.

Tal perfil de subidas suaves y bajadas pronunciadas, facilita la acumulación de aire en los puntos altos y dificulta la formación de "bolsas" de aire; deben evitarse perfiles con subidas pronunciadas y bajadas suaves.

3) En terreno horizontal, debe evitarse en lo posible una pendiente nula o mal definida, en tales condiciones la menor irregularidad podría provocar puntos altos no previstos. Para favorecer la acumulación de aire se recomienda un trazado en diente de sierra, teniendo en cuenta las recomendaciones de los incisos 1) y 2), con el fin de crear artificialmente puntos altos.

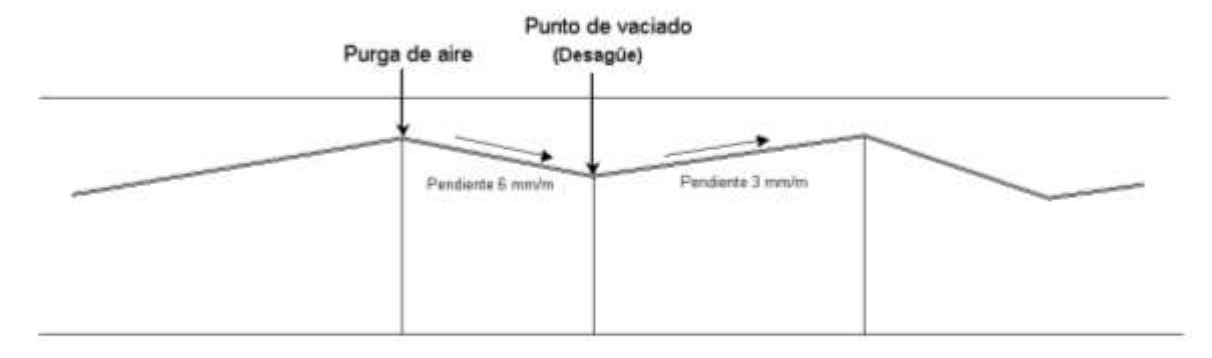


FIGURA 13. Ejemplo de un trazo en terreno horizontal

4) Evite en lo posible, los suelos movedizos y aquellos que puedan ser agresivos; si a pesar de todo es necesario atravesarlos, conviene localizarlos con la mayor precisión posible y tomar las precauciones pertinentes.

6.0 TRAZADO Y EXCAVACIÓN DE ZANJAS

6.1. Trazado de la zanja

Como paso previo a la excavación, el trazado de la misma debe ser marcado, colocado y referenciado con precisión con una línea que delimite la longitud y el ancho de la superficie de la zanja. Cuando se requieran marcas temporales de colocación, deben establecerse en puntos donde no sea posible que sean borradas o movidas.



FIGURA 14. Excavación de la zanja sobre el trazado de la misma

6.2. Excavación de la zanja

Los intervalos entre las operaciones de excavación, instalación de la tubería y relleno de tierras, deben ser lo más breves posibles, de esta forma se logra:

- Acotar el tiempo de reutilización de los elementos de apuntalamiento si los hubiera,
- Prevenir posibles inundaciones de la zanja y derrumbes en la misma,
- Reducir la necesidad de controlar el agua subterránea,
- Reducir los requerimientos de los equipos,
- Minimizar las roturas de los servicios existentes, acortar las perturbaciones al tráfico,
- Reducir los riesgos de accidentes,
- Reducir impactos adversos al medio ambiente.

Se recomienda que no transcurra más de una semana entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

En el caso de terrenos arcillosos o rocosos (de carbonato de cal y arcilla) de fácil dilatación, si fuera absolutamente necesario efectuar en más tiempo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte centímetros sobre la línea del suelo, para posteriormente realizar su acabado.

Las zanjas pueden abrirse mecánicamente ó a mano, perfectamente alineadas en planta y con el nivel uniforme. Cuando se realicen nichos (conchas) en el fondo deben hacerse hasta el momento de montarse los tubos, para asegurar su posición y conservación.

Cuando el terreno sea uniforme se excavará hasta la línea de nivel; si quedan al descubierto elementos rígidos tales como piedras, rocas, etc., será necesario excavar por debajo del nivel para efectuar



posteriormente un relleno, manteniendo la capacidad portante del terreno. Cuando sea necesario realizar explosiones para las excavaciones, en general en poblaciones, se deben adoptar las medidas necesarias de seguridad para la protección de personas o propiedades.



FIGURA 15. Excavación de zanja con equipo mecánico.

El material procedente de la excavación se debe apilar lo suficientemente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que los desprendimientos puedan poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deben ser separados del material general de la excavación.

La forma en que se apile la tierra removida condiciona el empleo de equipo de excavación, la necesidad de apuntalamientos y las operaciones de relleno.

En el caso de instalaciones en zanja, el material extraído se usa frecuentemente para el posterior relleno, por lo que es conveniente acopiarlo a lo largo de la zanja a una distancia adecuada de uno de sus bordes, una regla es situar la tierra extraída a una distancia del borde de la zanja no menor que la mitad de su profundidad. Si la zanja se encuentra apuntalada suele ser suficiente una distancia libre de 60 cm.

La tierra amontonada en la proximidad del borde de la zanja produce una sobre carga que afecta a su estabilidad. La capacidad de la pared de la zanja depende del grado de cohesión del suelo. Dicha sobrecarga debe ser considerada al estudiar la estabilidad de los taludes (verticales o no) que constituyen las paredes de la zanja. Cuando la estabilidad del talud no resulte suficientemente segura la zanja debe ser apuntalada.

La apertura de zanjas muy profundas o muy anchas produce un gran volumen de tierras extraídas cuyo peso puede resultar excesivo para la estabilidad del talud. En este caso será necesario alejar una parte de dichas tierras o extenderlas en una superficie mayor. Si se prevé utilizar como relleno las mismas tierras procedentes de la excavación, éstas deben ser inspeccionadas a fin de retirar trozos grandes de roca, terrones, pedazos de escombro, y todo aquello cuyo peso y dureza puedan causar daños a la tubería por el impacto de caída o producir presiones puntuales al compactar el relleno.

Se pueden utilizar los diferentes equipos de excavación disponible. Es importante que para la selección del equipo más eficiente para la excavación de zanjas se considere que todo el equipo de excavación tiene limitaciones prácticas y económicas. Las consideraciones incluyen el tipo y cantidad de material para ser excavado, profundidad y anchura de excavación, las limitaciones dimensionales establecidas en los planos, tamaño del tubo, espacio de operación y colocación de las tierras excavadas. Los equipos más usuales pueden ser modificados o adaptados para su empleo en la mayoría de las operaciones de excavación y movimiento de tierras.

6.3. Alineación, cambios de dirección y trazados radiales

6.3.1. Alineación



Para la instalación de los tubos en zanja, se comienza por fijar unos puntos de referencia mediante estacas, clavos o cualquier otro procedimiento; a partir de estos puntos se sitúa el eje de la tubería en el fondo de la zanja.



FIGURA 16. Eje de la tubería en el fondo de la zanja.

6.3.2. Cambios de dirección y trazados radiales

Es posible efectuar ligeros cambios de dirección o curvas de gran radio con tubos de unión elástica. Los cambios de dirección pueden ser realizados con tubos rectos con junta flexible, tubos con curvatura (codos) o piezas especiales. El método de instalación usado dependerá de las características de la instalación y de las recomendaciones del fabricante. Este método debe ser establecido antes de la excavación de la zanja.



FIGURA 17. Curvas amplias con tubos rectos

La tubería de fibrocemento por su método de acoplamiento permite que durante su instalación se le de una cierta deflexión al eje de la tubería; cuando la zanja para la tubería describa una curva suave se debe ampliar la zanja de un solo lado a fin de permitir el acoplamiento de los tubos en línea recta, a continuación se efectúa la deflexión de la tubería. Esta operación debe ser sumamente cuidadosa, si no se quiere correr el riesgo de perder hermeticidad en este tipo de tramo tan sensible. Cada tubo debe ser previamente alineado y montado, procediéndose a dar un giro lentamente después.

En la tabla 4 se muestran los valores de deflexión máxima permitida para los coples de fibrocemento.



TABLA 4. Deflexión máxima permitida de coples

Diámetro del tubo		Grados de deflexión máxima permitida por cople
mm	Pulgadas	
75 a 300	3 a 12	5°
350 a 450	14 a 18	4°
500 a 750	20 a 30	3°
900 a 1 050	36 a 42	2°

La realidad es que esta máxima desviación está condicionada principalmente por el diseño de la unión, es decir, por la mayor o menor profundidad de la espiga del tubo y del cople donde se aloja y por la separación o espacio anular entre ambos, así como la limitación que suponga la prueba de hermeticidad del sistema de unión.

Para determinar el radio del centro de línea (C.L.) de la curva de la línea de la tubería se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{L}{2 \times sen\, \alpha/2}$$

donde:

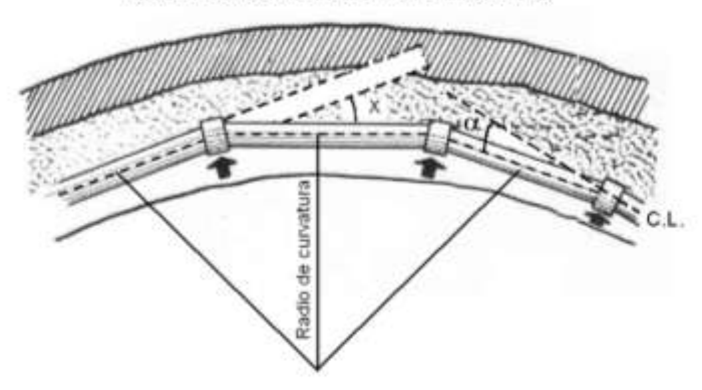
R   es el radio de curvatura del centro de línea (C.L.), metros
L   es la longitud del tubo por instalar, metros
α es el ángulo máximo permitido por el cople, grados

Para determinar la desviación que debe aplicarse al tubo por instalar, se emplea la siguiente ecuación:

$$x = L \times sen\alpha$$

donde:

x   es la desviación aplicada al tubo por instalar, metros



Desviación del tubo por instalar

α

90°

X

L

FIGURA 18. Representación esquemática de la instalación de tubos de fibrocemento en una curvatura

Ejemplo: Determinar el radio de curvatura de la línea central de una tubería de 750 mm de diámetro y 4 m de longitud, encuentre también la desviación que debe ser aplicada a los tubos por instalar.

De acuerdo a la tabla 4, el grado máximo permitido por el cople para una tubería de 750 mm es de 3°, entonces el radio de curvatura será:

$$R = \frac{4}{2 \times sen \, {}^{3}\!/_{2}} = 76.40m$$

la desviación que debe aplicarse a los tubos por instalar será:

$$x = 4 \times sen3 = 0.21m$$

En la tabla 5 se muestran los radios de curvatura con diferentes grados de deflexión para tubería de fibrocemento.

TABLA 5. Radios de curvas con diferentes grados de deflexión

Longitud del tubo por instalar (m)	Grados de deflexión máxima permitida por el cople				
	1°	2°	3°	4°	5°
	Radio de curva (m)				
1,00	57,30	28,65	19,10	14,34	11,47
1,50	85,95	42,98	28,66	21,50	17,21
2,00	114,60	57,31	38,21	28,67	22,95
2,50	143,25	71,63	47,77	35,83	28,68
3,00	171,90	85,96	57,32	43,00	34,42
3,50	200,55	100,29	66,88	50,17	40,16
4,00	229,19	114,61	76,43	57,34	45,89
4,50	257,84	128,94	85,93	64,51	51,63
5,00	286,50	143,27	95,54	71,69	57,37

Generalmente, la deflexión con tubería de fibrocemento es recomendable para curvas de gran radio que se tienen en conducciones y para deflexiones menores de 15°.

En el caso de requerir deflexiones mayores de 15° es recomendable utilizar codos en vez de tubos cortos con deflexión. Los codos incorporan el ángulo de deflexión en la junta entre segmentos de los tubos cortados o empalmados.

7.0 BOMBEO DE ACHIQUE, DRENAJES Y ADEMES

Este sistema se emplea en excavaciones que permiten apuntalar el revestimiento de una pared contra la opuesta para estabilizar las paredes de la zanja, transmitiéndose los empujes de las tierras una a otra a través de los puntales y resultando compensados entre sí. Este es un sistema de ademe provisional, instalado a mano o con elementos mecánicos.

Desde el punto de vista técnico la necesidad de apuntalar y los empujes a considerar en el cálculo de los apuntalamientos depende de:

- La profundidad y el ancho de la excavación,
- Las características del suelo,
- La presencia o existencia de nivel freático,
- La proximidad de edificios y otras estructuras,
- La proximidad del tráfico y cualquier otra fuente de vibración,



- Del lugar donde se deposita el material excavado y otras sobrecargas,
- Las posibles condiciones o imposiciones de diseño o cálculo.

En caso de terrenos secos y firmes, el apuntalamiento puede reducirse a tablones separados de 1,5 a 2 m y construidos de polines de madera de unos 15 cm de espesor. En estos casos puede excavarse el fondo de las zanjas, dándoles ya la forma de la sección a recibir.

Cuando el terreno es suelto y no se mantiene sin desmoronarse en una altura igual al ancho del tablón, es necesario apuntalar verticalmente con maderos de sostén reforzados. Cuando existen terrenos superiores sueltos (generalmente diluviales o de acarreos) sobre otros compactos y, sobre todo (como es frecuente en las calles), la capa superior es de relleno y la inferior compacta, puede hacerse un apuntalamiento parcial, trabado en la parte superior. Con ello queda libre la zona de trabajo, que no suele presentar apuntalamiento o puede ser mínimo.

Es recomendable que la apertura de zanjas, la colocación de las tuberías y el relleno, vayan lo más adecuadamente acompasados, para que ni aquella esté demasiado tiempo abierta, para evitar el peligro de desprendimientos, inundaciones o dilataciones del terreno, ni daños a las tuberías ya colocadas además de evitar posibles accidentes.



FIGURA 19. Ejemplo de apuntalamiento de una zanja

7.1. Flotación de tubos

Todos los tubos vacíos flotan en una zanja inundada. De ahí la necesidad imperativa de serias medidas de protección contra las aguas, desde la excavación hasta el relleno completo de la zanja.

7.2. Aguas superficiales

Si el terreno está saturado de agua o se sobrepasa el nivel freático se puede hacer descender el nivel de agua u optar por la colocación de tablas en las paredes para protección de la zanja. El descenso del nivel freático puede hacerse por simple drenaje natural por los laterales del fondo de la zanja o por bombeo del agua por medios mecánicos. La zanja abierta debe ser protegida contra la inundación de aguas corrientes por todos los medios adecuados:

- Canalización, represado o desvío de los cauces,
- Defensas de tierra o cunetas cuando las pendientes transversales son desfavorables,
- Tapones no excavados en la zanja.

Al terminar el relleno, el exceso de excavado constituye un cordón más o menos continuo en forma de camellón sobre la línea. Es necesario dejar espacios abiertos en este camellón para evitar la acumulación de agua corrientes y la erosión o ablandamiento del relleno.



7.3. Aguas subterráneas

En los terrenos con nivel freático alto, no debe excavarse más que con un mínimo de antelación previo a la instalación. La instalación de tubos **Mexalit**, sin exigir una zanja perfectamente seca, necesita el control de entradas importantes de agua ya sea por el abatimiento del nivel freático, o por achique.

7.4. Drenajes

Cuando la línea esta en pendiente y la zanja, aún rellena, es susceptible de colectar aguas superficiales o aguas subterráneas, se pueden producir condiciones incorrectas que afecten peligrosamente la cama de apoyo y el relleno acostillado. Para prevenir tales riesgos es, a veces, necesario realizar un verdadero drenaje del fondo de la zanja, como se muestra en la figura 20. En tal caso los tubos se colocan sobre la cama de piedra triturada.

Los métodos para el drenaje no deben afectar el relleno envolvente y a las tuberías. Se deben tomar en cuenta estas precauciones para prevenir la pérdida de materiales finos durante el drenaje, además de la influencia del drenaje en los movimientos de tierra debidos al agua que afecta la estabilidad de las áreas circundantes.



FIGURA 20. Drenajes para fondo de zanja

8.0 PROFUNDIDAD DE ZANJA

La profundidad mínima de las zanjas, se determina de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como para preservarlas de las variaciones de temperatura del medio ambiente.

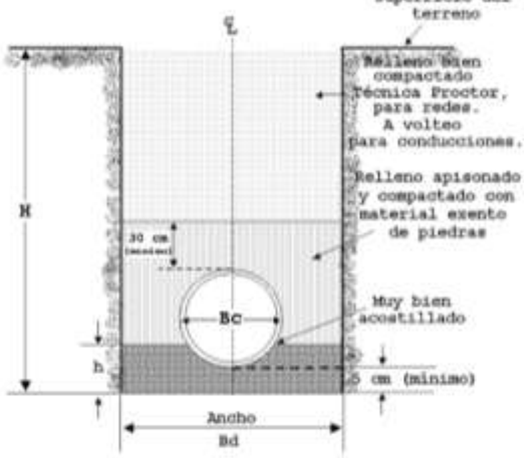


FIGURA 21. Esquema de zanja



Para tubería de agua potable la profundidad mínima de la zanja será de 90 cm más el diámetro exterior de la tubería, para tubos con diámetro de hasta 450 mm; para tubos mayores de 450 mm y hasta 1 220 mm, la profundidad será de al menos 1,0 metros más el diámetro exterior de la tubería. Para tubos mayores de 1 220 mm consulte nuestro departamento técnico.

Respecto a la profundidad, se aceptan como máximo los valores indicados en la tabla 6, más 10 cm para todos los diámetros y clases; sin embargo, en los casos de cruzamiento con caminos, vías de ferrocarril, canales de riego, etc., sí se hace obligado el tener mayores profundidades, el proyectista o la supervisión de la obra, deberán analizar el comportamiento de la tubería al aplastamiento, para seleccionar la clase de tubo por usar.

En caso de que el material del fondo no tenga la consistencia necesaria para mantener la tubería en forma estable, es conveniente profundizar la excavación hasta encontrar material apropiado, reemplazando el volumen extraído con un relleno compactado, hecho con arena, tepetate o tierra libre de piedras, terrones y materias orgánicas.

La excavación se afinará de manera que no se tenga, en ningún caso, una diferencia mayor de 5 cm entre la sección real y la de proyecto, procurando que el afine del fondo (últimos 10 cm) se haga antes de la instalación de la tubería.

9.0 ANCHO DE ZANJA

El ancho de la zanja depende del tamaño de los tubos, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno, necesidad de apuntalamiento, etc.

Para tubos con diámetro exterior de hasta 500 mm, el ancho de la zanja será de 50 cm más el diámetro exterior de la tubería; para tubos con diámetro mayor a 500 mm, el ancho de zanja será de 60 cm más el diámetro exterior de la tubería. Los anchos de zanja que resulten de los cálculos se deben redondear a múltiplos de cinco.

Cuando es necesario el aumento en el ancho de la zanja, el ensanchamiento se hará siempre a 5 cm por encima del lomo del tubo para evitar que aumenten las cargas sobre la tubería.

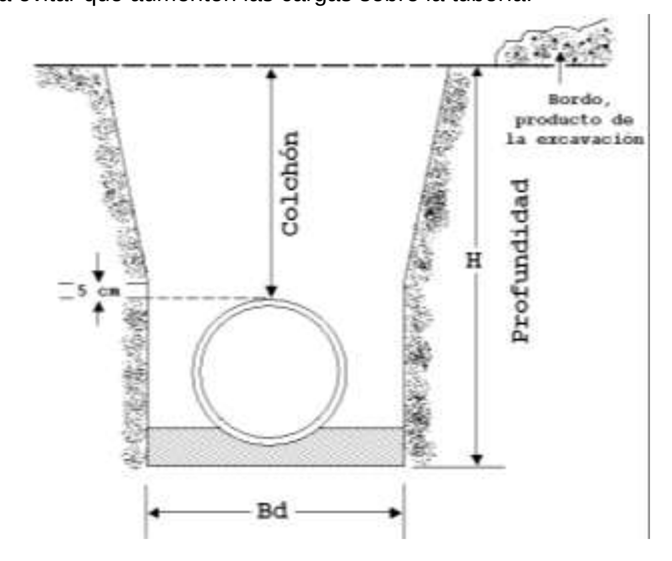


FIGURA 22. Ensanchamiento de la zanja

El ancho de la zanja mínimo necesario para la instalación de tubos **Mexalit** deberá estar de acuerdo con la tabla 6 y están referenciados a la figura 21.



Tabla 6. Dimensiones de zanja para tubería de fibrocemento para agua potable

Diámetro nominal del tubo		Ancho Bd (cm)	Profundidad H (cm)	Espesor de la plantilla h (cm)	Colchón (cm)
mm	pulgadas				
75	3	60	108	10	90
100	4	60	110	10	90
150	6	65	115	10	90
200	8	70	120	10	90
250	10	75	125	10	90
300	12	80	130	10	90
350	14	85	135	10	90
400	16	90	140	10	90
450	18	105	145	10	90
500	20	115	160	10	100
600	24	125	172	12	100
750	30	140	187	12	100
900	36	160	210	15	100
1 050	42	205	227	17	100

Para tubos de diámetros mayores, consulte nuestro departamento técnico.

10.0 ACONDICIONAMIENTO DEL FONDO DE ZANJA (Cama de apoyo)

La pendiente y el material del fondo de la zanja deben cumplir las especificaciones del proyecto. Cuando el tendido de las canalizaciones sea sobre el fondo de la zanja, ésta debe adaptarse a la pendiente y a la forma específica del tubo, de manera que se asegure un apoyo completo a lo largo del cuerpo de la tubería.

Para proporcionar apoyo adecuado y continuo (encamado) a los tubos por instalar deberá colocarse una cama de material seleccionado libre de piedras, para el asiento total de la tubería, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a flexión.

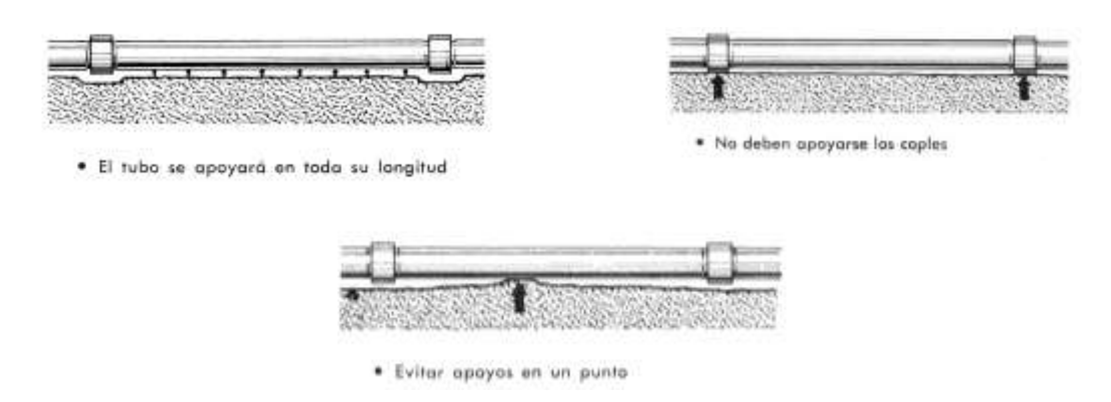


FIGURA 23. Colocación de tubos en la cama de apoyo

La plantilla o cama consiste en un tipo de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja, que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior.





FIGURA 24. Preparación de la cama de apoyo en el fondo de la zanja

La zanja no debe excavarse antes del mínimo tiempo posible previo a la colocación del tubo en función de:

- La capacidad del equipo de excavación,
- El comportamiento del terreno.

El fondo de la zanja listo para la colocación del tubo presentará una superficie plana alineada con la cota del proyecto y discontinua para dar lugar a:

- Una concha o nicho en el lugar de cada junta para permitir el enchufe,
- Un hueco para permitir retirar los cables o eslingas de colocación.

Los espesores de la plantilla (h) para la tubería de agua potable se indican en la tabla 6, el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la plantilla de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

Antes de ser bajados los tubos a la zanja se deben excavar cuidadosamente las cavidades para los coples (conchas) para alojar la campana o cople de la junta de los tubos y revisar los anillos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o de la plantilla apisonada.

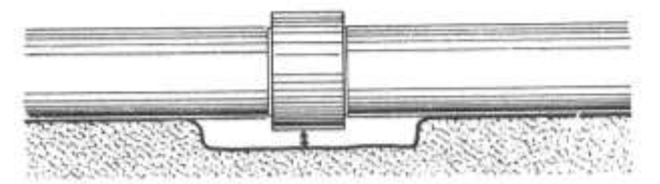


FIGURA 25. Concha para alojar el cople

Cuando se tienen terrenos como la tierra negra que sufren fuertes dilataciones y contracciones al pasar de un estado de absoluta sequía a otro de gran humedad, o viceversa, formándose en su superficie grietas anchas y profundas, la tubería que se instale se debe proteger de dicho material colocando a su alrededor una capa de arena de 10 a 15 cm de espesor, dependiendo del diámetro del tubo, a fin de evitar los grandes esfuerzos que se originan al contacto con esa tierra negra (arcilla), que ocasionalmente pueden causar roturas del conducto.

En la práctica se utilizan 4 tipos de camas de apoyos para tubos en zanja, los cuales son ilustrados en la figura 26, los factores de seguridad permiten estimar los requerimientos de resistencia y funcionamiento del sistema bajo condiciones comunes y eventuales, dando por resultado un diseño que con certidumbre brindará una operación satisfactoria y segura de la obra durante su período de diseño. La magnitud de este factor es inversamente proporcional a la confianza que el ingeniero tiene en su estimación de las condiciones de

operación. En la figura 26 se sugieren factores de seguridad basados en la experiencia. Para el diseño de líneas de conducción de fibrocemento, se recomienda un factor de seguridad de 1,5 como mínimo.

10.1. Terreno homogéneo **de buena capacidad de carga** (tierra granular no coherente pero firme)

- La excavación se realiza a profundidad lo más cercana de la cota del fondo de la zanja,
- El fondo de la zanja se afina y las conchas o nichos se excavan después de emparejado el piso.

10.2. Terreno moderadamente heterogéneo bastante bueno para cargas.

La cama de tendido estará constituida por material suelto o granular cuidadosamente compactado y emparejado, éste material clasificado procederá de la excavación o fuente ajena si lo excavado no lo proporciona en cantidad suficiente:

- Si la excavación se realiza mucho antes del tendido y la compactación se procede por aplanadora vibrante con gran avance, el fondo de la zanja se prepara con superficie continua y los nichos se excavan después,
- Si la ejecución del trabajo es inmediatamente antes del tendido, la base de apoyo del tubo estará constituida por dos banquetas por tubo.

10.3 Terreno rocoso.

Cuando se encuentre una capa de roca, roca compacta o un suelo con gran cantidad de piedras o grava, los tubos deberán apoyarse de acuerdo con los requerimientos para el apoyo clase B (figura 21)

10.4. Terreno poco resistente de capacidad de carga media.

- La excavación se realizará con una sobre profundidad “h” aproximadamente de 10 cm, véase figura 21,
- La cama de apoyo será formada por dos banquetas de material duro, gravilla y piedra triturada o grava, usando granulometría continua de preferencia.

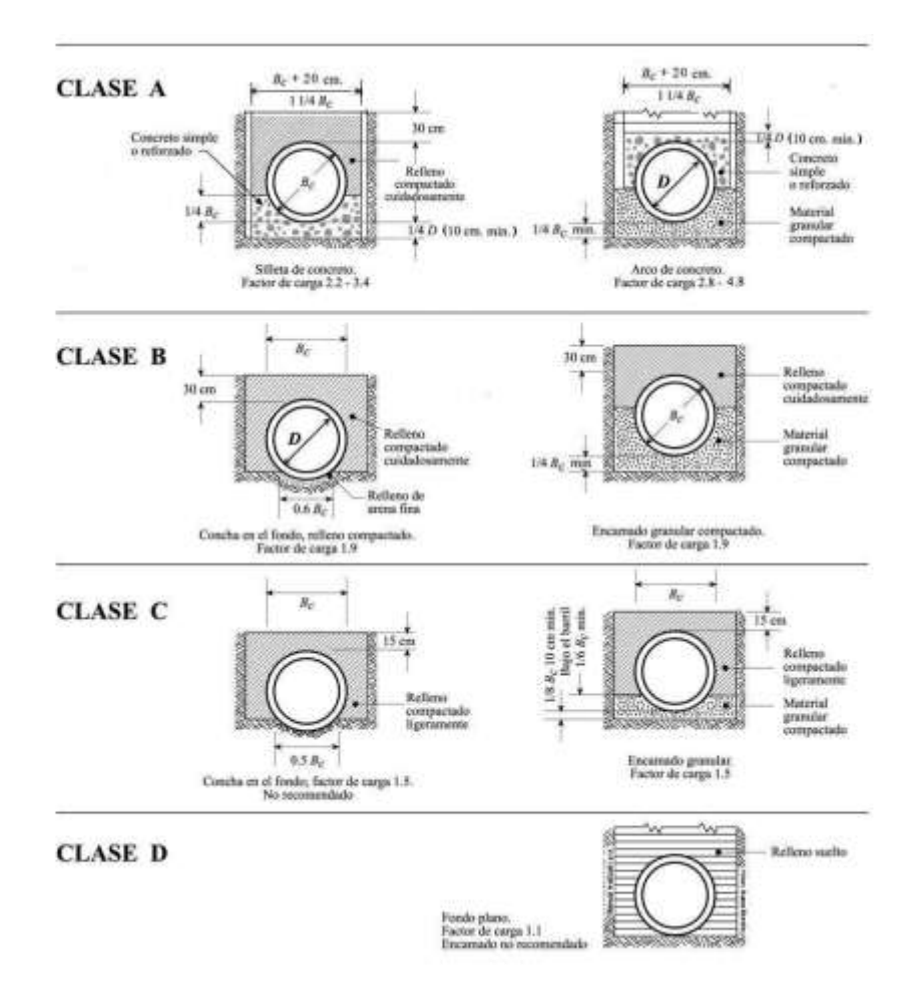
NOTA: La arena fina sola es peligrosa y se debe excluir, podría por asentamiento desaparecer en el terreno blando, dejando el tubo sin apoyo.

10.5. Terreno blando coherente débil capacidad de carga.

- La excavación se ejecuta con una sobre profundidad “h” de 30 a 50 cm, véase figura 21,
- La cama de apoyo estará constituida por material duro en superficie continua interrumpida en los nichos o conchas. Para evitar que el terreno blando se remonte, colándose entre los elementos de la cama, el material duro será de granulometría sensiblemente continua.

En el caso de terrenos aún más desfavorables que los cinco tipos antes descritos (terrenos pantanosos, barro o lodo), es indispensable prever una verdadera obra de arte para asentar el tubo, camas de piedra de gran espesor, losa de concreto o cimentación sobre pilotes.





B_c es el diámetro exterior del tubo; *D* es el diámetro interior del tubo
En zanjas rocosas, excave al menos 150 mm (6”) debajo de la junta del tubo, excepto donde utilice la silleta de concreto.
Relleno compactado cuidadosamente o material granular: >95% de proctor o >70% de densidad relativa.
Relleno ligeramente compactado: 85%-90% de proctor o 40%- 70% de densidad relativa.

Figura 26. Tipos de camas de apoyo para tubos en zanja

11.0 REVISIÓN DEL MATERIAL POR INSTALAR

Todos y cada uno de los tubos, coples y anillos de hule (empaque) deben revisarse cuidadosamente antes de su instalación, ya que una buena revisión evita en gran parte los contratiempos que se pueden tener por no hacerla.

Para los casos en que se requiera realizar algunos cortes o reparación de tubos y coples, vea los apartados 12.8 y 17.0 respectivamente.

Cada uno de los empaques debe revisarse cuidadosamente para comprobar que sean de la clase y diámetro de los tubos por instalar, y que se encuentren en buen estado de conservación, sin defectos y cortaduras. Los anillos defectuosos deben ser desechados.

El lubricante por usar puede ser proporcionado por **Mexalit**, como una alternativa se puede usar grasa vegetal, plátano o jabón de barra hervido; no se deben usar como lubricantes, aceites ni grasa derivadas del petróleo o grasa animal.



12.0 INSTALACIÓN DE TUBOS EN CONDUCCIONES CONVENCIONALES

12.1. Acomodo de tubos en zanja

El acomodo es la operación que consiste en distribuir cada tubo lo más cerca posible de su lugar exacto de colocación, distribuyéndolos a lo largo de la zanja, al lado contrario del que se colocó o colocará el material producto de la excavación, protegidos del tránsito de vehículos, peatones y del equipo pesado de construcción.



Figura 27. Acomodo de tubos y coples a lo largo de la zanja

12.2. Descenso de tubos a la zanja

El tubo se baja a la zanja después de:

- Inspeccionar visualmente y comprobar su clase,
- Verificación de la cama de apoyo.

Los tubos revisados y distribuidos a lo largo de la zanja, con diámetro de hasta 150 mm pueden bajarse a mano, siempre que la profundidad de la zanja sea menor a 1,50 m y con paredes firmes y a plomo.

Cuando la profundidad de la zanja sea mayor a 1,50 m ó las paredes de la zanja presentan bordes duros que puedan dañar los tubos o existan ademes en la zanja, se deben usar cables para bajar los tubos.

Los de diámetro mayor y de acuerdo a su peso, pueden bajarse empleando dos cables (uno por cada extremo del tubo), y de dos a seis hombres.

Para ello, se ancla un extremo de cada cable atándolo a una estaca clavada en el suelo ó haciéndole un nudo y parándose sobre él, de manera que el nudo sirva de tope contra el pie. Los cables deben colocarse paralelos y separados para que queden aproximadamente a 50 cm de cada extremo, dando vuelta alrededor del tubo de manera que el extremo libre, pasando sobre el tubo, vaya a las manos de los que harán la maniobra. Se deben usar como mínimo dos cables y con los hombres necesarios para repartir el peso del tubo, a razón de 100 kg por persona aproximadamente.







FIGURA 28. Descenso manual de tubos a la zanja

En tubos muy pesados, es conveniente que cada cable dé una vuelta más en cada extremo del tubo o se coloque trenzado. Los cables no deberán ser retirados hasta que el tubo quede acoplado, con el fin de poder movilizarlo si es necesario por defecto en el acoplamiento.

Para bajar tubos con equipo mecánico, se pueden utilizar grúas, tecles y poleas diferenciales.





FIGURA 29. Descenso de tubos a la zanja con equipo mecánico

Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se deben examinar nuevamente para asegurase que su interior está libre de piedras, tierra, útiles de trabajo, etc. y se realiza su centrado y perfecta alineación, posteriormente se procede a descansarlos sobre dos bases de madera o en caso necesario sobre dos pequeños camellones de tierra suave, estando separados los apoyos aproximadamente 4 m. No es permitido que el tubo descanse sobre piedras con aristas pronunciadas.



FIGURA 30. Apoyos de tubos en el fondo de zanja

12.3. Preparación de coples y anillos

Limpie perfectamente con un trapo o estopa, las ranuras interiores del cople y los anillos de hule próximos a instalarse.



FIGURA 31. Limpieza de ranuras de los coples

Inserte los anillos empujándolos hasta la parte interior de la ranura del cople, aplicando un poco de lubricante para facilitar la colocación de los anillos.





FIGURA 32. Colocación de los anillos de hule en los coples

Enseguida, se ejerce presión en las ondas hasta lograr quede en la posición correcta. A continuación se hace la colocación del segundo anillo en la misma forma. Estas operaciones se hacen estando el cople en posición horizontal o vertical, fuera de la zanja.

12.4. Encampanado

La operación de colocar un cople a cada tubo antes de bajarlo a la zanja se le llama encampanado (acampanado).

Los tubos pueden encampanarse fuera de la zanja, pero conviene más hacerlo dentro de la misma. Dependiendo del diámetro, el acoplamiento se puede hacer manual o por medios mecánicos.

Limpie perfectamente los extremos maquinados del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante, en el primer extremo maquinado del tubo (chaflán) de la espiga del tubo y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas; se recomienda que el lubricante sea, el proporcionado por **Mexalit** o bien, agua jabonosa o agua con glicerina, evitando el uso de aceites minerales que dañan el anillo de hule.

Al emboquillar el cople, debe quedar un centímetro más metido en su parte inferior, se hace girar el cople y se verifica la posición del anillo con el escantillón.







FIGURA 33. Limpieza y lubricación del extremo del tubo para la colocación del cople

12.4.1. Encampanado a mano

La posición para acoplar, se muestra en la siguiente figura; se jala violenta y fuertemente en línea recta el cople para que de un solo golpe ocupe su posición final. Este sistema puede utilizarse en tuberías de hasta 150 mm de diámetro y bajo condición de que el personal que lo ejecute, esté suficientemente capacitado y seguro de no dañar los tubos y coples.



FIGURA 34. Encampanado a mano

12.4.2. Encampanado fuera de la zanja (encampanado previo)

Apoye el tubo contra un soporte sólido y resistente, coloque el cople en el extremo lubricado del tubo y empuje con una barra, teniendo cuidado de intercalar un bloque de madera para no dañar el cople, hasta lograr el enchufe.



FIGURA 35. Encampanado previo

12.4.3. Encampanado dentro de zanja

No es recomendable el “encampanado” de tuberías mayores de 200 mm fuera de zanja, es mejor ejecutarlo dentro de la misma, durante el proceso de enchufe, que se verificará en dos movimientos: cople a tubo y tubo a cople enchufado.







FIGURA 36. Encampanado en zanja

Cuando la tubería ya está encampanada, se puede hacer el enchufe del tubo en la zanja empleando el sistema de impacto, para lo cual se requiere que el tubo por instalar se encuentre suspendido en el aire, ya sea a mano si se trata de diámetros de hasta 150 mm o con cables para diámetros de 200 a 300 mm.



FIGURA 37. Enchufe de tubo por impacto

Los tubos deben estar perfectamente alineados y el tubo por acoplar debe estar bajo control de los operarios, para que su movimiento se haga violenta y fuertemente a fin de que entre en el cople, sin que se golpeen uno contra otro. Para diámetros mayores de 300 mm, se usan poleas.





FIGURA 38. Enchufe de tubo utilizando el cucharón de la retroexcavadora

12.5. Instalación de la tubería

Antes de la instalación, se deberá revisar la tubería evitando bajar tubos dañados; compruebe que ningún tubo o cople tenga en su interior material extraño, los anillos y los extremos maquinados de los tubos deberán estar perfectamente limpios, además se debe contar con el lubricante necesario.

12.5.1. Tubos de hasta 150 mm de diámetro

a) Si el tubo no ha sido encampanado previamente, baje el primer tubo y colóquelo sobre la plantilla, cuidando que quede totalmente apoyado en toda su longitud y realice la concha para el cople bajo su extremo delantero.

b) Baje el segundo tubo y apóyelo en la plantilla, debiendo quedar alineado y separado lo suficiente para que pueda enchufarse el cople entre ambos tubos.

c) Coloque los anillos de hule dentro de las ranuras del cople, verifique que se encuentren en la posición correcta y bien ajustados contra la pared de la ranura que queda más próxima al centro del cople lubricándose ligeramente.

d) Limpie perfectamente los extremos maquinados del tubo, aplique una capa uniforme de lubricante, en el primer extremo maquinado del tubo (chaflán) de la espiga del tubo y unos 5 cm de la parte cilíndrica, evitando que queden partes sin lubricar ni plastas, se recomienda que el lubricante sea, el proporcionado por **Mexalit** o bien, agua jabonosa o agua con glicerina, evitando el uso de aceites minerales que dañan el anillo de hule.



FIGURA 39. Preparación de cople y tubo para emboquillado



e) Coloque el cople entre ambos tubos, haciendo que el primero quede emboquillado en el empaque correspondiente. Después se mueve el segundo tubo hasta que quede emboquillado en el otro empaque.

f) Coloque un bloque de madera entre el soporte y el primer tubo, enseguida, usando una barra de acero como palanca y a través de un bloque de madera, empuje el segundo tubo hasta hacer que ambos entren en el cople.

g) Para comprobar que la junta ha quedado bien instalada, verifique la posición correcta del empaque con un escantillón de acero, como se indica a continuación:

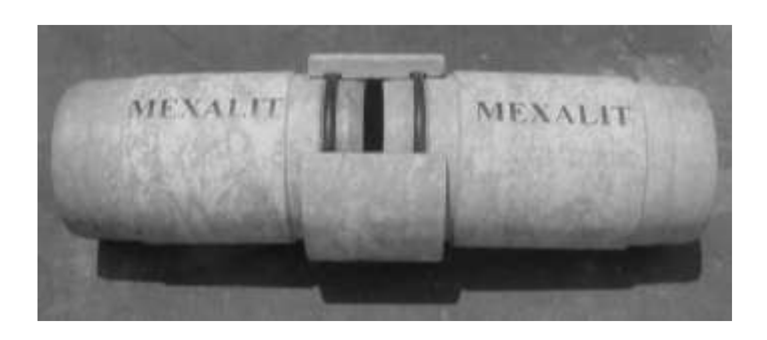
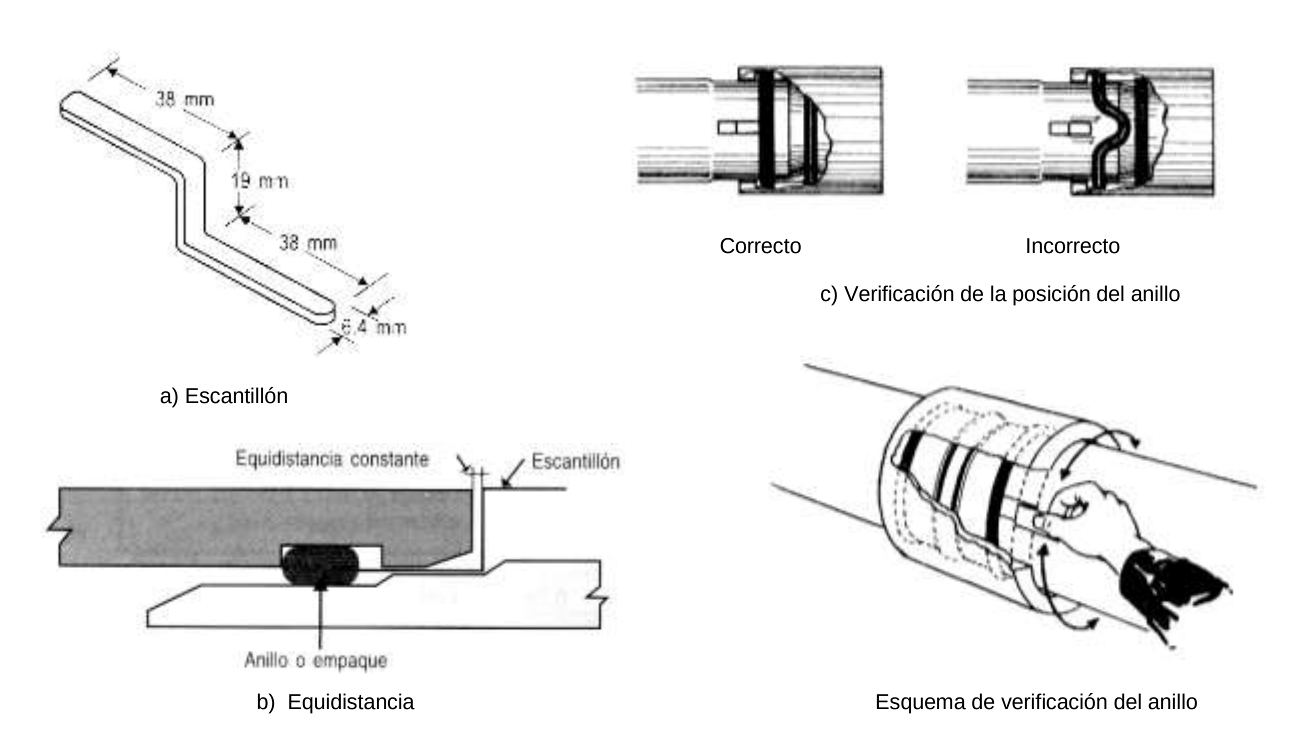


FIGURA 40. Junta para tubos de fibrocemento

Se construye un escantillón con fleje de acero se muestra en la figura 41, con las dimensiones especificadas, se introduce entre el tubo y el cople, y llevándolo todo alrededor, el escantillón debe tocar el anillo en todos sus puntos, debiendo conservar la equidistancia constante entre la pared del cople y la parte vertical del escantillón, para considerar que la junta está bien instalada. Previamente se hace girar el cople.



a) Escantillón

b) Equidistancia

c) Verificación de la posición del anillo

Esquema de verificación del anillo

FIGURA 41. Verificación de los anillos de hule en la junta

La situación incorrecta de los anillos ocurre por: deficiente aplicación de lubricante, por no colocarlos en la posición recomendada dentro del cople, previamente a su instalación, por utilizar de clase diferente al tubo y cople que se instala y por no efectuar el proceso de enchufe en forma correcta (tubería desalineada).

Si se verifica que los anillos no están en su correcta posición, es necesario desmontar el cople y proceder a enchufar de nuevo, revisando los anillos extraídos, que si están dañados, deben sustituirse.

Si el tubo está recién enchufado y antes de que el lubricante seque, puede desacoplarse a mano jalándolo, en caso contrario primero se desacopla el tubo con gato, enseguida el cople se quita golpeándolo a su alrededor con un martillo y un pedazo de madera.



FIGURA 42. Verificación en campo de los anillos de hule en la junta

12.5.2. Herramientas para acoplado y tendido de tuberías de 200 mm y mayores

Existen varios tipos de herramientas para instalar tuberías, se hará referencia únicamente a los gatos de palanca, gatos de fricción y malacates por ser los más comunes.

12.5.2.1 Gato de palanca

Consta solamente de la base en que gira una palanca y de las cadenas de amarre y de tiro. Ligada sobre el último tubo se enrolla la cadena de amarre, que sujeta al gato, la cadena de tiro se coloca en el tubo a instalar, pasando su extremo por el estribo de la palanca, introduciéndola por la parte inferior y fijándola a la ranura. Este tipo de gatos son recomendables para tuberías de hasta 500 mm.

Dos procedimientos pueden seguirse en el enchufe: el acoplamiento de los extremos a la vez, o en dos fases, cople a tubo y tubo a cople.





FIGURA 43. Enchufe de tubos utilizando gato de palanca

La colocación de cople a tubo, puede realizarse fuera de la zanja, en cuyo caso es conveniente adaptar unas cadenas con mordaza.

Para desenchufar con el gato de palanca, se fija su base por medio de una cadena trabada en las ranuras correspondientes y una estaca clavada en el fondo de la zanja, cuidando que el estribo quede hacia el tubo. Este último se ata con la cadena de tiro y se jala la palanca hasta desacoplar el tubo.

12.5.2.2. Gato de fricción

El gato de fricción se compone de un par de cabezas especiales taladradas y roscadas, que se colocan a cada lado del tubo, por medio de una cadena que los une a manera de que queden a la altura del diámetro horizontal. Igual ajuste se hace con la cadena que liga las mordazas, aquél corriendo eslabones sobre las ranuras que llevan los gatos, y éste por medio del candado de que van provistos. Actúan en un solo sentido, pero pueden empujar o jalar con sólo cambiar las cabezas de uno y otro extremo de las barras.



FIGURA 44. Acoplamiento en zanja utilizando gato de fricción

12.5.2.3. Malacate (Tecle)

El empleo de esta herramienta es muy útil y manejable, es recomendable para el enchufe de tuberías de diámetros mayores de 350 mm. Para su manejo se requieren únicamente dos cadenas para estrobo de las tuberías a enchufar, y de un madero o fieltro para el apoyo del tecle, en la zona de contacto con la tubería.

Para enchufar, se fija el tecle sobre el tubo ya instalado por medio de una de las cadenas de estrobo, ligando ésta al gancho fijo del tecle; se presenta el cople en la boquilla del tubo, ayudando esta operación con un madero atravesado; se corre la cadena del tecle, hacia el tubo por instalar, utilizando la varilla de mando que ésta en la palanca del mismo; la segunda cadena de estrobo, se fija al tubo por instalar, ligándola al gancho de la cadena del tecle y se procede a mover la palanca colocando la varilla de mando en posición de jalar hasta que el extremo de la espiga del tubo, tope con el anillo central del cople; se aflojan la casaca y el madero procediéndose a enchufar el tubo del mismo modo que el cople.





FIGURA 45. Instalación de tubería utilizando un malacate (tecle)

En diámetros de 500 a 900 mm se puede realizar la instalación con ayuda de retroexcavadora.

12.5.3. Tubos de 200 mm hasta 900 mm de diámetro

Para enchufar el cople, siga los pasos a), b) y c) indicados en la instalación de tuberías de hasta 150 mm.

Lubrique el extremo maquinado del primer tubo y emboquille el cople, enseguida instale el cople en la espiga del tubo, empleando en medio una cruceta de madera. Con una barra de acero o con un gato, se empuja el cople con el segundo tubo hasta que enchufe con el primero.



FIGURA 46. Colocación de cruceta de madera para enchufe de cople a tubo

Quite la cruceta de madera y compruebe la posición del anillo haciendo girar el cople y usando el escantillón. Lubrique el extremo maquinado del tubo por acoplar y se emboquilla en el cople. Con la barra o con gato, se empuja el tubo hasta que entre el cople; enseguida se hace girar el cople y se comprueba la posición correcta del empaque usando el escantillón.





FIGURA 47. Emboquillado de tubo a cople utilizando gato de palanca

.

12.6. Recomendaciones generales para instalación de tubería

12.6.1. Diámetros de 100 a 900 mm

Los procedimientos descritos anteriormente para el descenso, acoplamiento y tendido de tuberías a mano, deben efectuarse siempre bajo las siguientes condiciones:

- Evite instalar tubos y coples que se encuentren dañados, revíselos antes cuidadosamente, tenga cuidado en el manejo de las tuberías, para evitar golpes que puedan dañarlas.
- La zanja debe estar bien terminada, con el fondo afinado y la plantilla adecuada.
- Limpie y lubrique perfectamente las espigas de los tubos, verifique la adecuada colocación de los anillos en las ranuras correspondientes de los coples.
- Al emboquillar, tubos y coples deben estar perfectamente alineados. Al lograr el enchufe, revise la posición final de los sellos de hule, utilizando el escantillón.
- Cuando los tubos son colocados en zanjas con curvatura, el enchufe se hará en línea recta comprobando la correcta posición de los empaques, se da la deflexión y se verifica nuevamente la posición de los empaques. Las deflexiones serán uniformes en todos los coples, evitando fricción entre tubo y cople.
- En tubos de hasta 200 mm de diámetro, la instalación se llevara a cabo empleando el sistema de impacto y únicamente por operarios capacitados.
- Al terminar las labores del día, se protegerán con tapas especiales o con costales las bocas de los tubos extremos para evitar que se introduzcan animales u objetos extraños en ellos.
- Lo más pronto posible, se colocarán “los centros” con el fin de evitar la flotación de la tubería en la preparación del tramo para la prueba de presión hidrostática.

12.6.2. Diámetro de 1 050 mm

En la instalación de tubos y coples de fibrocemento que permiten el acceso de una persona, es conveniente tener en cuenta las siguientes observaciones complementarias:

- El instalador o su ayudante se situarán en el interior del primer tubo ya colocado en zanja, para vigilar el acoplamiento del siguiente.
- Vigilará y controlará que el junteo se realice bien centrado al eje de la tubería para evitar esfuerzos anormales en la junta,
- Se procurará que no ocurra, por una acción excesiva y continuada sobre el dispositivo de tracción ó por el uso no bien controlado de la cuchara de la retroexcavadora, el topeteo de los tubos en el cople.
- Exteriormente durante el acoplamiento, se vigilará que el cople no penetre hasta el final de la parte maquinada, debiendo quedar como mínimo a 10 mm del cambio de diámetro.
- Colocados, acoplados y bien alineados los dos primeros tubos, se acostilla el tramo lo mejor posible con material producto de la excavación exento de piedras y bien compactado en capas de 15 cm, con el objeto de que no se muevan, dejando libres los coples.

- Se continuará el relleno compactado en la parte media de los tubos hasta 60 cm arriba del lomo, con lo que se forman “los centros” que evitarán la posible flotación de la tubería.
- Se continúa con la instalación del resto de tubería en la forma indicada hasta tener el tramo con longitud apropiado para la prueba de presión hidrostática.

12.7. Piezas especiales

Las conexiones de la tubería en las intersecciones, cambios de dirección, variación de diámetros, accesos ó válvulas, etc., se denominan comúnmente como “piezas especiales” y pueden éstas ser fabricadas de concreto con alma de acero, fibrocemento, PVC, hierro fundido entre otras.

Estas piezas son las más usadas y su fabricación comprende todos los diámetros de las tuberías de fibrocemento. Las cruces, tees y codos forman la base del listado, junto con las válvulas que se especifiquen en el proyecto.

Estas piezas se conectan entre sí con las válvulas, por medio de bridas y tornillos y con un empaque para el sellado intermedio que puede ser de plomo, hule o plástico. La unión de estas piezas con las tuberías de fibrocemento, se realiza utilizando la junta Gibault y permite conectar por una de sus bocas, una “extremidad” de fierro fundido y por la otra una punta de la tubería de fibrocemento. El sellado se logra mediante la presión de las gomas, que son de hule, sobre el barrilete y ejercida con las bridas y tornillos.



FIGURA 48. Unión de tubería utilizando una junta Gibault

También se puede hacer la unión de la tubería directamente a una brida, utilizando juntas flexibles del tipo universal o equivalente.





FIGURA 49. Conexión de tubería de fibrocemento a una pieza de fierro fundido mediante brida y una reducción de alma de acero

Al armarse los cruceros, se pondrá especial cuidado de que los tornillos queden en forma uniforme y alternada; y bien apretados para evitar fugas. Dependiendo de su peso y número de piezas por unir, puede ser conveniente armar los cruceros fuera de la zanja. Antes de su instalación, las piezas deberán ser limpiadas perfectamente en su interior.

Los cruceros se deben armar a la vez que se instala la tubería en los sitios indicados en el proyecto, lo cual obliga generalmente al uso de tramos cortos. Los cruceros deben quedar bien alineados y nivelados con respecto a la tubería sobre una base firme que soporte su peso sin peligro de asentamiento y perfectamente bien atracados para evitar desplazamientos por efecto del empuje producido durante la prueba de presión hidrostática y en la operación normal de conducciones y redes de distribución.

12.8. Corte y torneado en campo

El transporte, el mal manejo en el almacén y obra ocasionan muchas veces la rotura de los extremos maquinados del tubo. Los tubos dañados por golpes contundentes que afecten el espesor o causen roturas pequeñas, se reparan usando una abrazadera o un cople de reparación. Si la rotura se extiende, se revisa bien localizando las partes afectadas y se procede a cortarlas.

12.8.1. Cortes manuales

Los tubos **Mexalit** pueden cortarse con herramientas manuales comunes, tales como sierras, serruchos, arco y segueta (de acero-plata, 15-1012), etc., con los dientes bien afilados y con el propio ángulo; procurando humedecer continuamente el corte: antes de iniciar el corte debe marcarse alrededor para asegurarlo limpio y a escuadra. Para mayor facilidad y para prevenir roturas puede hacerse sobre un tablón, con listones clavados a los lados de forma que lo mantengan separados en la parte inferior. Los cortes con este tipo de equipo son recomendables para tubos de 100 y 150 mm únicamente.



FIGURA 50. Corte de tubo empleando arco y segueta



12.8.2. Corte con discos abrasivos

Cuando se dispone de equipo mecánico, pueden usarse discos abrasivos, en cuyo caso se recomiendan de alta velocidad con 14 ó 18 dientes por pulgada; el corte se realiza como se indico en el inciso anterior.



FIGURA 51. Corte de tubo empleando disco abrasivo

12.8.3. Cortadoras

Lo más recomendable por la perfección y facilidad es el uso de aparatos cortadores. Consisten en una serie de unidades que se eslabonan, para adaptarse al diámetro del tubo y están constituidos básicamente en un rodillo guía que gira sobre la marca de corte impidiendo el desplazamiento lateral, de una armadura de hierro y de un maneral que se inserta en ella.

El conjunto se complementa con un eslabón especial que lleva inserto el dispositivo portador de la cuchilla y alimentador del movimiento de penetración.



FIGURA 52. Corte de tubo empleando cortadora manual

En obras se facilita la operación de corte atravesando el tubo en la cepa y aprovechando la zanja para hacer girar la cortadora. Una barra ligada al tubo por medio de un torniquete evitará que el tubo ruede, pero hágase girar la cortadora en el sentido en que se apoya.



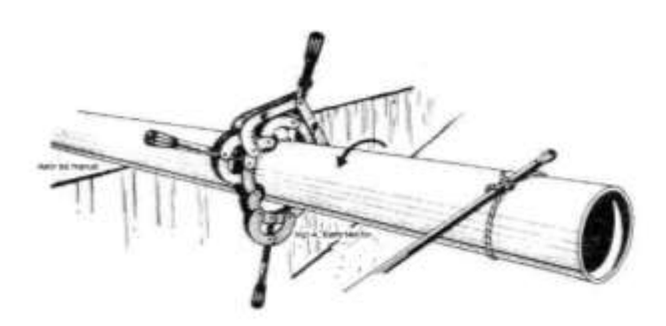


FIGURA 53. Representación esquemática de tubo atravesado en zanja para corte con cortadora

12.9. Torneado en la obra

Casi en todas las obras se requieren tramos cortos, torneados totalmente en la espiga por un solo extremo y torneados en ambos extremos para hacer las curvas y los cierres en conexiones fijas, estos deberán ser preparados en obra; para rehacer los extremos maquinados dañados de los tubos, se utilizan aparatos torneadores con cuchillas cortadoras especiales de carburo de tungsteno. Básicamente consisten en un árbol ajustable que se introduce dentro del tubo y se fija por la expansión de unas barras desplegables.

Consta también de un maneral en el que se fijan los portacuchillas y de las hojas cortadoras adecuadas al corte que se pretende.



FIGURA 54. Esquema de un torno cortador de campo

12.10. Tramos cortos

Estos tienen por objeto facilitar la llegada a las conexiones y la unión entre puntos fijos, así como su empleo en deflexiones tanto verticales como horizontales, reparaciones o cierres en líneas. Para hacer el acoplamiento con la junta Simplex se procede como sigue:

a) Prepare uno o varios tramos de tubos torneados en los extremos y un pedazo de tubo totalmente torneado (longitud no menor de dos coples) debidamente acoplados entre sí, a fin de cubrir el espacio a reponer.
b) Achaflane las puntas extremos y lubríquense en una longitud igual a la del cople.

c) Haga unas marcas bien visibles con lápiz o crayón, alrededor de los extremos y a una distancia igual a la mitad del cople, menos 5 mm.
d) Introduzca por ambas puntas los coples con sus anillos debidamente colocados, hasta quedar a ras bocas de tubo y coples.
e) Coloque el tramo por rellenar.
f) Jale los coples sobre los extremos de los tubos adyacentes, hasta que las bocas posteriores coincidan con las marcas.
g) Verifique la correcta posición de los anillos



FIGURA 55. Corte y torneado de un tubo corto

Los tramos cortos también pueden ser acoplados utilizando juntas Gibault.



Corte del tramo de tubo a sustituir



Torneado del tramo de tubo colocado



Tubo corto unido con juntas Gibault

FIGURA 56. Colocación de un tubo corto empleado juntas Gibault

12.11. Atraques

Las presiones de prueba y las normales de trabajo, originan empujes o desplazamientos en las tuberías. Para contrarrestar estos desplazamientos, se usan los “atraques”, que son construcciones de concreto y se colocan en los puntos en que se originan empujes; puntas muertas (tapas ciegas, válvulas terminales y tes); cambios de dirección horizontales (codos) y verticales; cambios de sección.



FIGURA 57. Atraque definitivo en un crucero

Cuando se efectúan las pruebas también se construyen atraques provisionales que posteriormente se substituyen por los definitivos. Los atraques provisionales o temporales son generalmente de madera o metálicos (perfiles de acero), y se hacen para efectuar la prueba de presión hidrostática por tramos. Su diseño es responsabilidad del contratista y su aceptación de la supervisión.



FIGURA 58. Atraque provisional para prueba de presión hidrostática

Las dimensiones de los atraques se deducen de las características de resistencia de los terrenos en que se apoyan. La forma piramidal que se les da, obedece a que la parte mayor se apoya en el terreno lo que nos proporciona el área que contrarreste el empuje, según la resistencia del terreno y la parte que se apoya en la conexión, no debe cubrir las bridas de ésta.

En terrenos suaves y lodosos, los atraques deberán anclarse con estacas suficientemente enterradas en el piso o varillas cruzadas a cimientos sólidos o removiendo el terreno flojo y reemplazándolo con materiales de resistencia suficiente para soportar el empuje, si las líneas de conducción se instalan en zonas urbanas, los atraques se apoyarán en construcciones fijas a los lados de la zanja.



Los empujes que se originan en los cambios de dirección verticales, también se deberán contrarrestar con atraques; el atraque en las tuberías que se han deflexionado para formar curvas horizontales, se construye generalmente con la compactación adecuada del relleno en la parte de afuera, pero si por alguna causa se hiciera necesario construirlos de concreto, háganse a 80 cm de los tubos, pero en ningún caso deberán colocarse sobre los coples o restringirles su movimiento.



FIGURA 59. En base a la fatiga admisible del terreno, se calcula la superficie de contacto del atraque.

El volumen del atraque de concreto se calcula de manera que su peso y el de las piezas contrarresten el empuje. El concreto debe tener una resistencia adecuada no menor de 100 kg/cm² y, al construirse, su base debe quedar unida perfectamente con el fondo y la pared de la zanja. Una mezcla aconsejable para el concreto de los atraques es: una parte de cemento por dos de arena y cinco de grava.

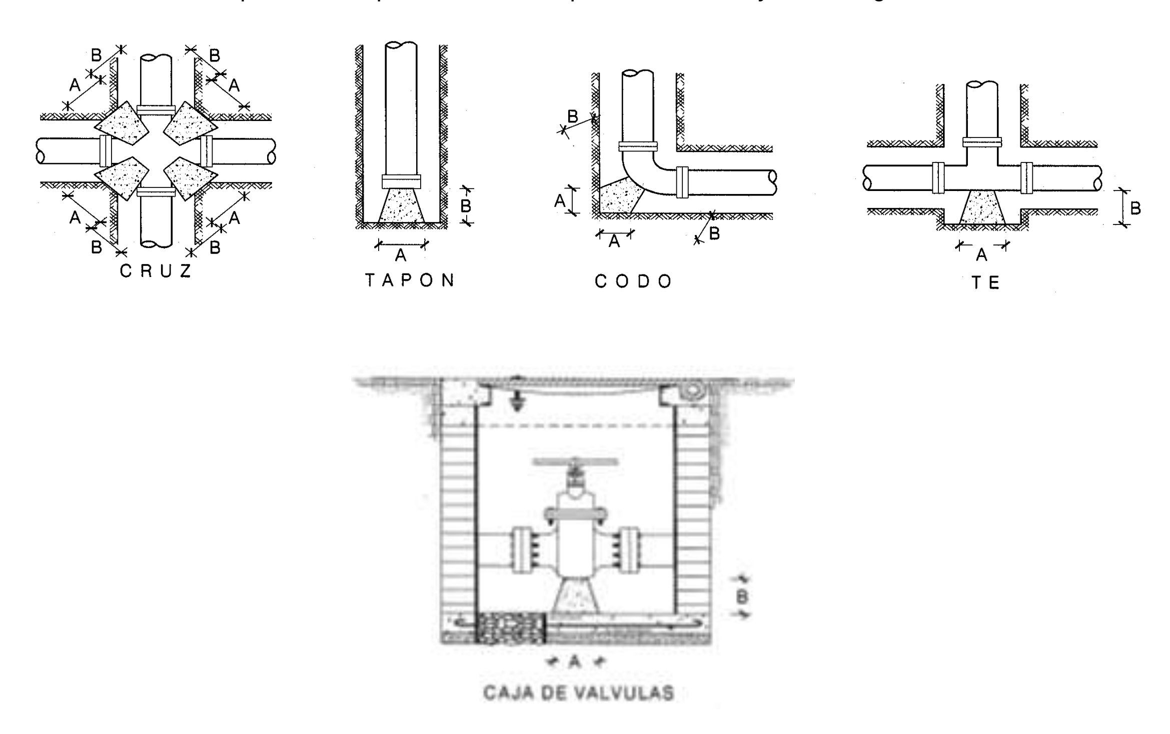


FIGURA 60. Ejemplos esquemáticos de atraques



Tabla 7. Dimensiones de los atraques de concreto para piezas especiales

Diámetro nominal de las piezas especiales		Altura cm	Lado "A" cm	Lado "B" cm	Volumen aproximado de concreto por atraque m³
mm	pulgadas				
102	4	35	30	30	0,032
152	6	40	30	30	0,036
203	8	45	35	35	0,055
254	10	50	40	35	0,070
305	12	55	45	35	0,087
356	14	60	50	35	0,105
406	16	65	55	40	0,143
457	18	70	60	40	0,168
508	20	75	65	45	0,219
610	24	85	75	50	0,319
762	30	100	90	55	0,495
914	36	115	105	60	0,725
1 050	42	120	110	60	0,792

Para diámetros mayores, consulte nuestro departamento técnico.

Tabla 8. Resistencia aproximada de terrenos

Terreno	Resistencia Kg/cm²
Lodo turba	0,00
Arcilla suave	0,45
Arena	2,00
Arena y grava	2,00
Arena y grava cementados con arcilla	1,95
Pizarra	4,85

12.12. Alineamiento, nivelación y relleno inicial de zanja

Cuando se han instalado no menos de cien metros de tubería en conducciones o en una cuadra en redes, se efectuarán las siguientes etapas de construcción:

12.12.1. Alineamiento de tubos en zanja

Se hace moviendo los coples a uno y otro lado hasta que queden en línea recta, o en caso de curvas, hasta tener en los coples deflexiones uniformes.



FIGURA 61. Ejemplo de alineación de tubos en una reparación

12.12.2. Nivelación de la tubería

Terminado el alineamiento se procede a la nivelación de la tubería a ojo, levantando o bajando los tubos para obtener una pendiente uniforme, que se logra agregando o quitando tierra de la plantilla bajo los tubos, pero cuidando que en ningún punto de la tubería el colchón de tierra que la cubrirá sea menor al indicado en la tabla 6. Se verificará además que el conducto quede apoyado en toda su longitud para evitar flexiones.

Después de haber instalado y alineado la tubería, deberá procederse, lo más pronto posible a efectuar el relleno apisonado, a fin de evitar que la tubería sufra movimientos o reciba impactos de materiales duros que puedan dañarla.

No son aceptadas como relleno las arcillas muy plásticas, ni los suelos altamente orgánicos, ni cualquier otro material que pueda ser perjudicial (física o químicamente) para la tubería.
Para el correcto diseño del acostillamiento y relleno de la zanja se debe consultar en cada caso las especificaciones del proyecto y las recomendaciones del fabricante.



FIGURA 62. Ejemplo de nivelación de una tubería

12.13. Encamado y acostillado

Inmediatamente después de la colocación, se debe imperativamente proceder al relleno acostillado hasta los costados del tubo. La capacidad de carga portante de un tubo instalado, depende en gran medida del relleno que hay alrededor del tubo, véase figura 66, se recomienda que este relleno sea efectuado con un material homogéneo granular como: grava, balasto, tezontle, tepetate, etc.

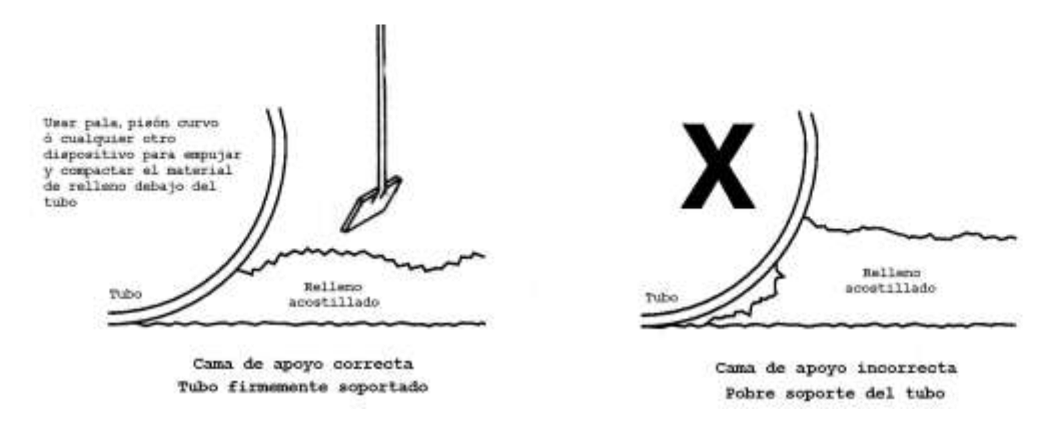


FIGURA 63. Esquema del acostillado de tubos



El relleno deberá efectuarse en dos etapas, comenzando con el "encamado" y acostillado, que consiste en proporcionar apoyo adecuado y continuo, bajo el tubo y hasta alcanzar el diámetro horizontal. Deberá usarse material seleccionado exento de piedras.



FIGURA 64. Selección del material para encamado y acostillado del tubo

12.13.1. Procedimiento

Primer paso

a) Coloque una capa de 10 cm de material seleccionado (cama)

b) Introduzca y compacte bajo el tubo la tierra seleccionada, acostillando ésta debidamente con pisones especiales curvos o con pala, de manera que la tubería se apoye en su cuadrante inferior en toda su longitud

c) Cuando el tubo esté firmemente encamado, use el pisón plano a ambos lados



FIGURA 65. Tubo firmemente encamado

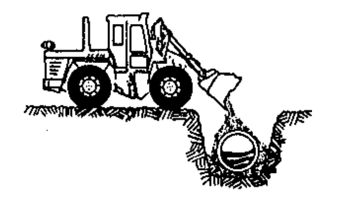
Segundo paso

Es importante proporcionar soporte lateral, por medio de la compactación del relleno entre el tubo y las paredes de la zanja. Con la finalidad de inspeccionar las juntas durante la prueba, se dejarán descubiertos los coples; a esta operación se le llama formar "centros" y es importante hacerla siempre, sobre todo para evitar la flotación de los tubos en caso de inundarse la zanja.

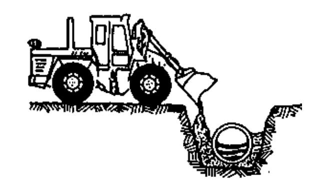


FIGURA 66. Formación de "centros"

a) Continué el relleno en capas de 20 cm compactando con el pisón plano (evite golpear los tubos), hasta la mitad del tubo. El relleno inicial que va directamente sobre el tubo debe ser compactado manualmente donde sea necesario. La compactación mecánica del relleno principal directamente sobre el tubo no debe comenzar hasta que la profundidad del relleno sea de al menos 30 cm, por encima del lomo del tubo. Este relleno es bastante semejante al relleno acostillado, en sus exigencias, pudiendo ser menores por lo que concierne a la calidad del material y su compactación final. No se permite usar equipos de vibración para operar directamente sobre el tubo. Prosiga en capas iguales de 30 cm de espesor arriba del lomo de los tubos, a partir de donde, puede rellenarse a volteo en caso de líneas de conducción sin tráfico, para líneas de distribución en zonas urbanas, es recomendable continuar compactando hasta el nivel del terreno natural.



PROCESO INCORRECTO.
El material de relleno no debe ser empujado a la zanja o lanzado directamente sobre el tubo. Se debe colocar de modo que no desplace ni dañe al tubo instalado.



PROCESO CORRECTO.
El material de relleno adecuado, se coloca con cuidado, a lo largo del tubo y se acostilla compactadamente. El material se aportara con capas sucesivas a los lados del tubo y unos 30 cm por encima del lomo del tubo.

FIGURA 67. Proceso de relleno acostillado en los tubos

12.14. Desmontaje del apuntalamiento

El desmontaje del apuntalamiento puede influir negativamente en la capacidad portante del terreno y, por ello, habrá que prestarle suficiente atención.

El desmontaje del apuntalado debe ser llevado a cabo progresivamente durante la colocación del relleno acostillado. La eliminación del apuntalamiento a un nivel por debajo del relleno acostillado, después de que el relleno principal esté colocado, puede traer serias consecuencias para la carga portante y la alineación y profundidad de la tubería.

En zonas en las que no se puede hacer el desmontaje del apuntalamiento antes de completar el relleno de acostillamiento, se deben tomar precauciones especiales si fuera necesario:



- Especial diseño estructural,
- Dejar partes del apuntalamiento en el suelo,
- Selección especial del material de suelo.

12.15. Precauciones especiales con la maquinaria de movimiento de tierras y compactación

Uno de los problemas que suelen aparecer durante el proceso de instalación de tuberías, es la posible rotura de las mismas debido al paso de maquinaria pesada por la vertical de los tubos. Esto es debido a que la instalación proyectada no está pensada para soportar las grandes cargas que provoca ésta maquinaria pesada. Otro aspecto que hay que considerar es el de las cargas debido a compactadores y su repercusión sobre los tubos.

13.0 INSTALACIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS

Las perforaciones y machuelado para inserción de las tomas serán ejecutadas de preferencia con máquinas y machuelos Mueller, los cuales están bien especificados para el tipo de inserción que se requiera.



FIGURA 68. Tipos de machuelos Muller

Los machuelos tipos CC ejecutan cuerdas cónicas (tipo AWWA o Mueller) para inserciones de nudo o llave de las tomas domiciliarias. Los machuelos tipos IP sirven para cuerdas normales de niples para purga de aire.

Cuando no se usen los machuelos Mueller, sino berbiquí con broca, el diámetro de ésta deberá ser igual al interior de la inserción para que al usar posteriormente el machuelo se ejecute la cuerda adecuada a la pieza de inserción.

Generalmente, en las redes de distribución se instalan tomas de 13 mm para uso doméstico (para tubos de 75 mm de diámetro) y de 19 mm para uso comercial (para tubos de 100 y 150 mm de diámetro). Las tomas de 25 mm que son las de mayor diámetro, se usan para la industria y son excepcionales (para tubos de 200 mm de diámetro y mayores). **Nunca haga inserciones mayores a las recomendadas**. Cuando necesite mayor caudal haga tomas múltiples espaciadas un mínimo de 30 cm y que no coincidan en línea horizontal.

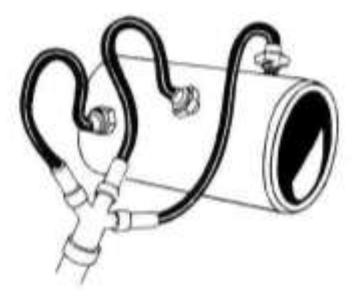
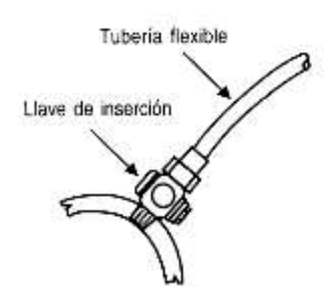


FIGURA 69. Representación esquemática de toma múltiple

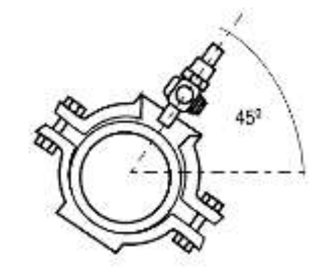


En las tuberías de fibrocemento, es obligado que la derivación forme un ángulo de 45 grados; las derivaciones de las tomas se hacen en dos formas:

a) Derivación directa: (tomas de 13 y 19 mm) se hacen en tuberías de 150 mm y mayores.
b) Derivación con abrazadera de inserción para diámetros de 100 mm.



Derivación directa



Derivación con abrazadera de inserción

FIGURA 70. Representación esquemática de derivaciones

Las tomas se pueden realizar con tubería vacía o trabajando a presión.

Para el primer caso se emplea una máquina Muller tipo A, la cual está constituida por una silleta de fierro fundido que se fija al tubo mediante un dispositivo de cadena; lleva hacia la parte superior una barra rectangular sobre la que corre un brazo, con un tornillo: guía y alimentador de la broca.

Para evitar despostilladuras de la pared o barreno de la cuerda, no fuerce la broca machuelo, particularmente cuando se está terminado de traspasar y durante el machueleado y no la lleve más allá de lo necesario para dejar expuestas de dos a tres cuerdas de la inserción. Antes de iniciar el trabajo, en forma sistemática haga pruebas y marque la máxima penetración por medio de pintura o de un alambre enrollado.



FIGURA 71. Prueba de machueleado para toma con máquina Muller tipo “A”

Para taladrar y roscar la tubería trabajando a presión y a la vez colocar la llave de inserción, se emplea una máquina Muller tipo B, la cual consta de un recipiente vertical con dos cuerpos “A” y “B”, separados con una válvula de bisagra, accionada desde afuera, y de un tornillo, portador de la herramienta de corte y roscado y posteriormente de la inserción (nudo o llave).

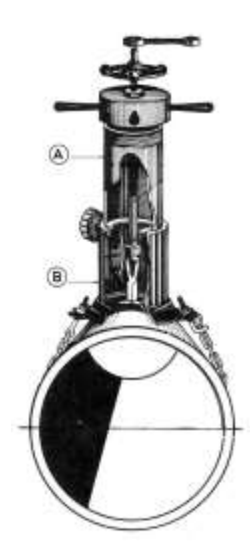


FIGURA 72. Representación esquemática de máquina Muller tipo “B”

Es muy importante que la máquina utilizada no tenga ningún movimiento mientras se hacen el taladro y el roscado para evitar que estos queden ovalados.

A partir de la inserción, que puede ser de nudo o de llave, la toma domiciliaria presenta una gran variedad de tipos, según el material que se use (cobre, plástico, plomo) en la parte “flexible” y también difiere el material usado para llegar al “cuadro de toma” pudiendo ser éste de galvanizado, cobre o plástico.

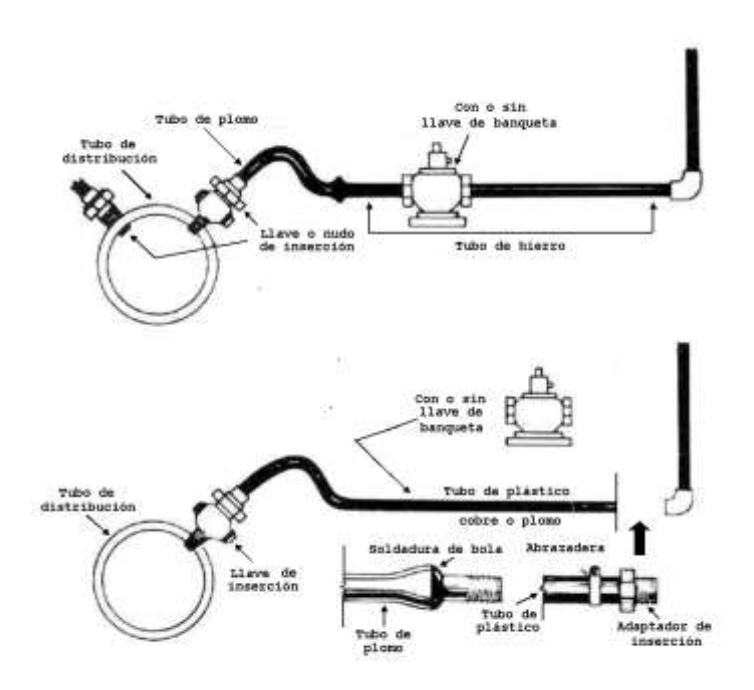


FIGURA 73. Representación esquemática de toma domiciliaria

14.0 PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN CAMPO

La prueba de presión hidrostática se efectúa para asegurarse que la tubería instalada está en perfectas condiciones de hermeticidad. En conducciones para una misma clase de tubería se prueban tramos de 500 m,



con un máximo de 1 000 m y en las redes de distribución en tramos de más o menos 100 m (entre cruceros), las líneas primarias se prueban en tramos máximos de 500 m.

Para obtener buenos resultados en la prueba, deberán tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Manejo adecuado de tubos, coples y anillos tanto en el almacén como en la obra.
- Construcción de la zanja y plantilla de acuerdo las especificaciones oficiales y a las recomendaciones enunciadas en éste manual.
- Acoplamiento adecuado de los coples y tubos, verificando siempre la correcta posición de los anillos.
- Alineamiento, nivelación y relleno inicial correctos, comprobando que la tubería quede debidamente encamada, con los coples bien descubiertos (centros) para su revisión durante la prueba.
- Atraques adecuados (provisionales y definitivos) debidamente instalados y en su caso fraguados.

14.1. Equipo de prueba

El equipo para pruebas, consiste en una bomba de émbolo, accionada a mano o con motor de combustión interna, provista de válvulas de retención, de globo y de purga; así como de manómetro de capacidad apropiada a la prueba.



Equipo con motor de combustión interna



Equipo manual con bomba de émbolo

FIGURA 74. Equipos para prueba de presión hidrostática

14.2. Procedimiento

Las tuberías deberán probarse dentro de los cuatro o cinco días posteriores a su instalación y probar conforme se avanza en el tendido, procurando no sobrepasar los 500 m sin probar.

La bomba de prueba se debe instalar en el punto más bajo del tramo a probar o en el extremo de aguas abajo, debiendo estar debidamente atracado y constituido por una extremidad de hierro fundido, con tapa ciega y junta Gibault en la unión con la tubería de fibrocemento. En la extremidad se debe hacer la conexión de la bomba de prueba.

Realizada la conexión se procede a llenar el tramo con agua lentamente a baja presión con 24 a 48 horas de anticipación a la prueba, con objeto de que la tubería se hidrate lo mejor posible, purgándose el aire durante el proceso de llenado.

Teniendo la tubería llena y purgando el aire, se inicia la prueba, aumentando lenta y uniformemente la presión, recorriendo varias veces el tramo de tubería, para observar los coples, purgando el aire debidamente, antes de llegar a la presión de prueba.



Alcanzada la presión de prueba (véase tabla 9), se debe sostener durante 1 ó 2 horas como máximo. Generalmente cuando no se respeta el tiempo de llenado previo, cuando menos 24 horas se hace necesario agregar agua para sostener la presión de prueba.

Tabla 9. Presiones de Trabajo y de Prueba en la obra

Clase de la tubería	Presión de trabajo		Presión para la prueba en obra (1 a 2 hr)	
	kg/cm²	Lb/pulg²	kg/cm²	Lb/pulg²
A - 5	5	71	7,5	107
A - 7	7	100	10,5	150
A - 10	10	142	15,0*	214*
A - 14	14	200	21,0*	300*
A - 20	20	284	30,0*	428*

* Dependiendo de la resistencia de los atraques y terreno adyacente.

Para determinar el "volumen de agua inyectada permisible", se emplean las siguientes ecuaciones:

$$F = 3.03644 \times 10^{-4} \times \sqrt{P}$$

$$Q = F \times n \times d$$

donde:

F es el factor de la presión de prueba
n número de coples
d diámetro en mm
P presión de prueba en kg/cm²
Q volumen de agua inyectada permisible en ℓ/h

Ejemplo: Considere una tubería tipo A-7 de 500 m de longitud, con tubos de 5 m y 200 mm de diámetro

Número de coples en el tramo tubería = (500/5) = 100 coples
Diámetro de la tubería = 200 mm
Presión de prueba = 10,5 kg/cm² (de la tabla 7)

Sustituyendo valores

$$F = 3.03644 \times 10^{-4} \times \sqrt{10.5} = 0.00098392$$

$$Q = 0.00098392 \times 100 \times 200 = 19{,}68 \ \ell/\text{h}$$

Los volúmenes de agua no deben ser mayores a los determinados, para aceptar que la prueba es satisfactoria. No deberá existir ninguna fuga de agua en el tramo probado; si se detectara alguna, el contratista deberá hacer las reparaciones necesarias y repetir la prueba.

15.0 RELLENO FINAL

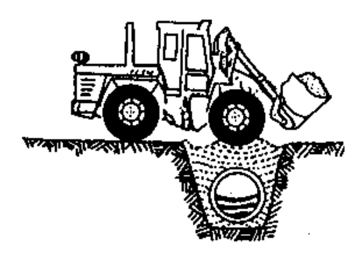
Verificada la prueba de presión en forma correcta y aprobada por el supervisor de la obra, se procede al relleno final, cubriendo los sitios de los coples con relleno apisonado por capas, como se indicó para el relleno inicial, con tierra libre de piedras, terrones y materia orgánica colocada abajo, a los lados y por encima de ellos, hasta 30 cm sobre el nivel del lomo de la tubería, coincidiendo con el nivel de los centros. A continuación, se termina el relleno de la zanja como sigue:

a) Para conducciones, el relleno se hace a volteo con material producto de la excavación, apisonándolo ligeramente por capas sucesivas de 20 cm dejando sobre la zanja un montículo de material con altura de 15 cm respecto al nivel del terreno.

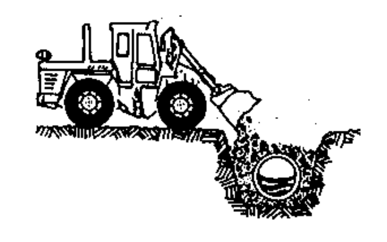
b) Para redes de distribución, el relleno será apisonado en forma tal que cumpla con las especificaciones de la técnica Proctor de compactación. El supervisor de la obra especificara el espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, procedimiento, etc.



FIGURA 75. Relleno final de la zanja



PROCESO INCORRECTO.
No se debe trabajar con maquinaria pesada sobre el tubo hasta que el relleno esté adecuadamente colocado



PROCESO CORRECTO.
El material de relleno debe ser compactable y no debe contener grandes piedras, guijarros, terrones y otros materiales desaconsejables. El relleno debe ser colocado y compactado en capas según las especificaciones.

FIGURA 76. Proceso de relleno final de la zanja

16.0 INSTALACIÓN DE TUBOS EN CONDUCCIONES PARTICULARES

16.1. Conducciones en declives (pendientes) pronunciadas

En zanjas localizadas en pendientes, debe tenerse cuidado en el apisonado, para evitar que el relleno recientemente colocado permita el paso del agua, constituyendo un drenaje ciego que al arrastrar el material que soporta al tubo lo deje sin apoyo y por tanto, expuesto a roturas.

Cuando existe esta posibilidad, se construirán muros transversales de contención en la mitad de cada tercer tramo, que deberá ser de 2 m para diámetros de hasta 150 mm y de 5 m en diámetros de 200 mm y mayores.

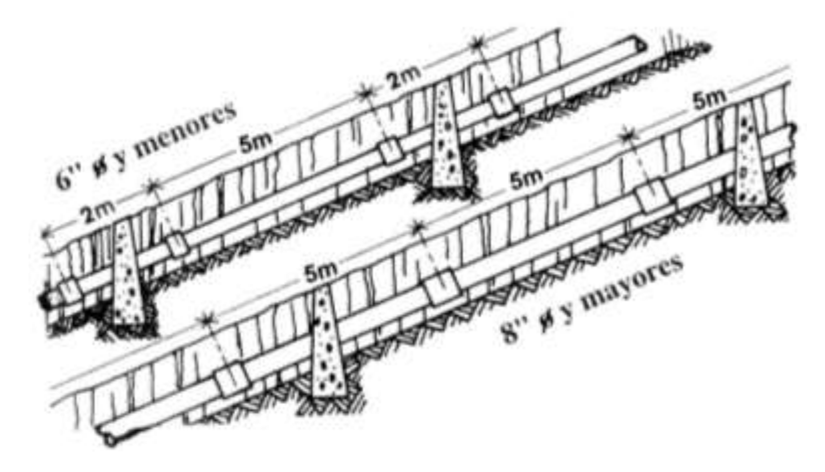


FIGURA 77. Esquema de conducción en declive pronunciado

16.2. Conducciones elevadas (aéreas)

Las conducciones elevadas o aéreas requieren un diseño y una instalación individualizadas para cada caso. Las tuberías deben estar protegidas frente a cualquier efecto perjudicial del medio ambiente. Los tubos aéreos en líneas sensiblemente horizontales se apoyan en al menos dos puntos sobre soportes de concreto.

Uno de los soportes (silleta) asegura el anclaje por contacto directo del concreto contra el revestimiento del tubo, la otra silleta constituye un apoyo deslizante por interposición de un cuerpo liso y no adherente (cartón asfaltado, hoja de plástico) entre el concreto y el revestimiento del tubo.

Cuando el tendido tiene declive, conviene anclar cada tubo sobre una de las silletas.



FIGURA 78. Conducción elevada

16.3. Conducciones semienterradas

La zanja, cama e instalación del tubo debe realizarse siguiendo las instrucciones dadas anteriormente, siendo recomendable la cobertura de la tubería con un caballete de tierra cuya coronación supere al menos 30 cm la



generatriz superior del tubo. Este caballete tiene por finalidad aislar la conducción. En el caso de que circulen vehículos debe reforzarse el caballete para evitar los daños que puedan producir sobrecargas móviles.



FIGURA 79. Conducción semienterrada

16.4. Tubos bloqueados

Un tubo bloqueado en un punto queda parcialmente empotrado y es indispensable que la parte libre descanse sobre un apoyo (silleta) de concreto. Este caso puede presentarse para un tubo:

- Parcialmente insertado en un atraque o anclaje,
- Atravesando un muro de caja de válvulas, registros o desfogues,
- Extremidad de una línea contra un atraque temporal.

17.0 REPARACIONES

El manejo inadecuado de los tubos en el transporte y en la obra, así como en las labores de acoplamiento, puede originar daños en los tubos y anillos que es necesario corregir para su aprovechamiento total o parcial.

17.1. Tubo agujerado

Cuando al excavar se agujera un tubo existente sin causar su rotura, la reparación puede hacerse utilizando una abrazadera de hierro fundido que cubra el punto dañado.

Si la rotura se extiende a una gran longitud, examine con todo cuidado el tubo, localice las partes no afectadas y corte para utilizarse en las formas siguientes:

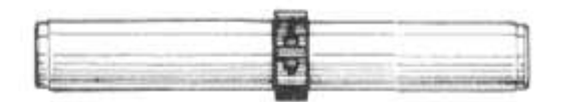
a) Unidas con junta Gibault para formar un tramo
b) Torneadas en el campo para ser usadas con el cople
c) Como cierre en los cruceros, torneado o sin tornear, con la junta de las dimensiones apropiadas.



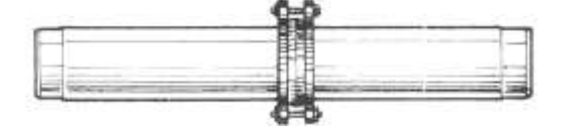
Tubo agujerado   Tubo con rotura

FIGURA 80. Representación esquemática de daños en los tubos





Reparación utilizando abrazadera

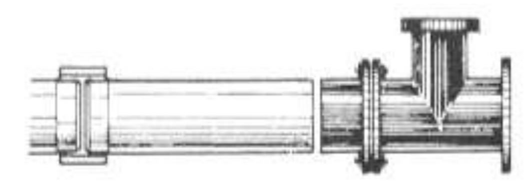




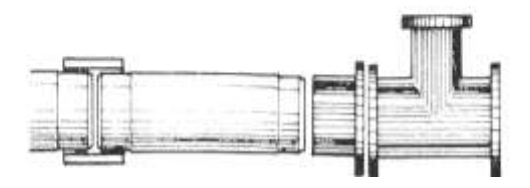
Reparación con juntas Gibault



Torneado para usarse como tramo corto



Sin tornear para usarse como cierre en cruceros

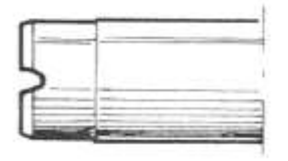


Torneado para usarse como cierre en cruceros

FIGURA 81. Reparaciones de tubos

17.2. Rotura en el extremo

Cuando el extremo está dañado ya sea roto, agrietado o con ralladuras longitudinales sobre la parte torneada, de profundidad mayor de 2 mm, corte y aproveche el tramo restante, ya sea retorneado o unido a otro tramo de iguales características, con junta Gibault, o bien en un cierre o en un extremo de prueba.



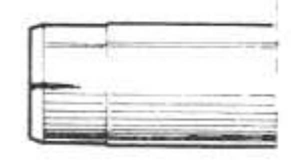


FIGURA 82. Representación esquemática de daño en los extremos del tubo

Si el daño afectara solamente a una parte del torneado y fuera posible aprovechar la restante, corte igualmente y rehaga el chaflán escofinando.

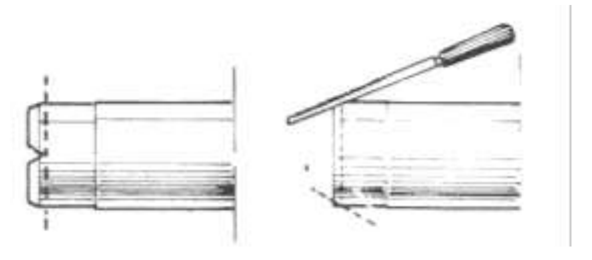


FIGURA 83. Representación esquemática de reparaciones de los extremos del tubo

Cuando la profundidad de las ralladuras longitudinales es inferior a 2 mm, rebaje hasta hacerlas desaparecer.

Las ralladuras transversales a escuadra no afectan la hermeticidad del cierre; pero si fueran al sesgo y en el área de colocación del anillo, pueden dar lugar a fugas. Rebaje la pared afectada si son de poca profundidad o corte el tubo si exceden de la tolerancia. Una forma práctica de localizar las grietas es humedeciendo el tubo o cople, por razón de la mayor absorción tardan más tiempo en secar y se hacen fácilmente visible.

17.3. Empaque mordido

Esta falla de instalación puede corregirse como sigue:

a) Golpeando ligeramente en todo su perímetro los extremos del cople para que se acomode el empaque,
b) Haciendo girar el cople hasta que se acomoden los empaques,
c) Si el empaque no se acomoda, calafatear con sellador los extremos de la zona en donde se haya perdido la equidistancia con el escantillón.

17.4. Reemplazo de coples

Para cambiar un cople, es necesario romperlo, marcando primeramente el corte con segueta y después golpear en el centro con cincel y martillo. Evite dañar los tubos.



FIGURA 84. Esquema de rompimiento de un cople para su reemplazo

Para reponer el cople roto, se recomienda lo siguiente:

a) Para tuberías de 75, 100 mm y 150 mm de diámetro, desviar lateralmente los dos tubos unidos al cople y después de lubricar el extremo de uno de ellos y habiendo comprobado que esté perfectamente limpio, se coloca el cople de la forma acostumbrada.

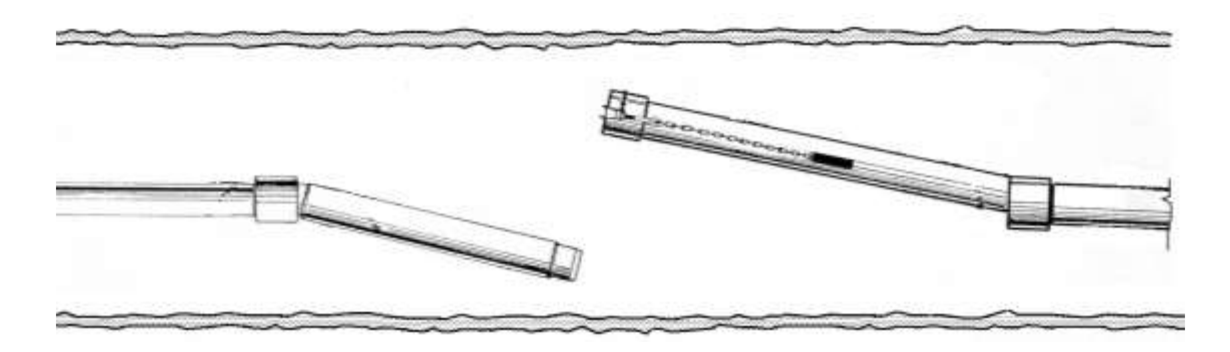


FIGURA 85. Representación esquemática de reemplazo de cople de 75 a 150 mm



Enseguida, se limpia el extremo del otro tubo, se lubrica y se levantan ambos tubos hasta permitir la entrada del cople. Después se empuja hacia abajo hasta que los tubos lleguen a su nivel original de enchufe. Para diámetros de 75 mm a 250 mm es necesario levantar dos tubos de un lado y uno del otro.

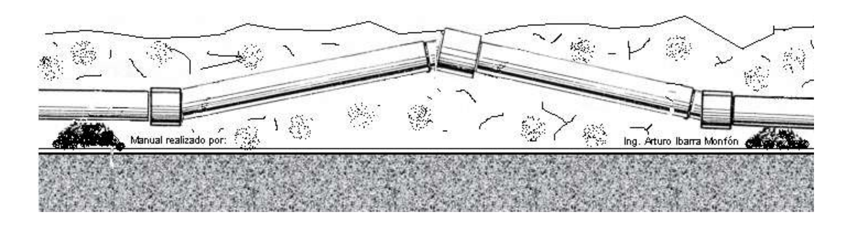


FIGURA 86. Reemplazo de cople de 75 mm a 250 mm

Finalmente, es necesario girar el cople y comprobar la posición de los anillos con el escantillón.

b) Para tuberías de diámetros mayores a 500 mm, lo recomendable es sustituir el cople roto por una junta Gibault.

18.0 PUESTA EN OPERACIÓN DE LA TUBERÍA (Llenado de línea)

Como se comento en el inciso 5.2, es importante evacuar completamente el aire del interior de la tubería o línea. Revise el perfil a todo lo largo del tramo o línea, verificando puntos altos, puntos bajos para determinar las partes que se llenarán primero y cuáles al final, así se podrá controlar la marcha del llenado.

Inicie el llenado lentamente con un gasto del 5% al 10% del previsto en la operación normal; esta precaución es importante para dar tiempo al aire a salir, acumulándose en los puntos altos y que pueda escapar por las ventosas y el jarro de aire.

En los puntos bajos utilice las válvulas de vaciado, para verificar la llegada progresiva del agua. Si se trata de una conducción por bombeo, llene desde abajo con la bomba limitando el gasto a lo antes indicado. En el caso de un sifón de gran diámetro, es recomendable llenarlo por el punto bajo por medio de una línea alimentadora de diámetro pequeño; el agua asciende así por ambas ramas sin turbulencias.

A continuación se da un ejemplo del llenado por gravedad de una tubería de conducción, a partir del depósito.

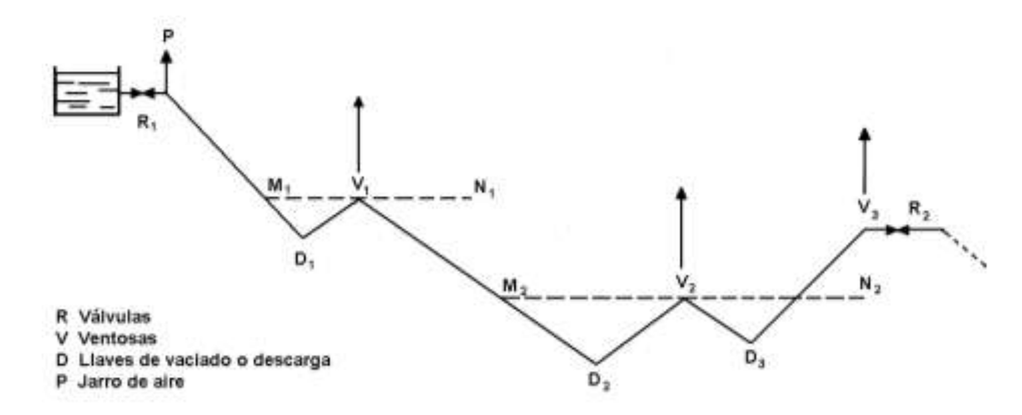


FIGURA 87. Ejemplo de llenado de línea

Pasos:

1) Se abren todas las llaves de vaciado o de descarga D_1-D_2-D_3 que se cerrarán a medida que vaya llegando el agua.

2) Comience el llenado abriendo lentamente la válvula R_1, el agua desciende por el tramo R_1-D_1 y llena los tramos R_1-D_1 y D_1-V_1 hasta el nivel M_1-N_1. El aire escapa por la ventosa V_1 y el jarro P.

3) El agua luego desciende en el tramo V_1-D_2 y llena los tramos V_1-D_2 y D_2 hasta el nivel M_2-N_2. El aire escapa por las ventosas V_1 y V_2.

4) Después el agua desciende por el tramo V_2-D_3 y llena los tramos V_2-D_3 y D_3-V_3 hasta el nivel M_2-N_2. El aire escapa por las ventosas V_2 y V_3.

5) Finalmente el resto de la conducción se llena progresivamente, escapándose el aire por el jarro y las ventosas V_1 y V_3.

Cuando el agua llega al extremo de la conducción no está necesariamente purgada de aire. Revise bien las ventosas, si expulsan aire o escupen una mezcla de aire y agua, la línea contiene todavía aire. Cuando las ventosas no dan más que agua, sólo entonces la línea estará libre de aire y podrá trabajar a su régimen de servicio.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LABELLA, S. Equivalent Length of Pipe for Fittings, Water and Sewer Works. Ref. No. 1967

PARMAKIAN, John. Water Hammer Analysis. Dover Publications (1963)

PERRY Robert & Chilto Cecil. Manual del Ingeniero Químico. Mc Graw-Hill Inc, U.S.A. (1984) 5ta. Edición.

FOUST A.S., Wenzel L.A., Clump C.W., Maus Lousi & Andersen L.B. Principios de Operaciones Unitarias. C.E.C.S.A (1980)

GAINES B. JACKSON Bs, Ms, Dr P.H. Nomography and Nomograms (Nomographs)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN. Hidráulica.

MARK J. HAMMER.Water and Wasterwater Technology. John Wilwy & Sons. Second Edition 1986.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Standard Specification for Highway Bridges.

NORMATIVA

NOM-002-CONAGUA	Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable – Especificaciones y Métodos de prueba.
NOM-013-CONAGUA	Redes de distribución de agua potable – Especificaciones y Métodos de prueba
NMX-C-012-ONNCCE	Industria de la construcción- Fibrocemento – Tubería a presión - Especificaciones
ANSI/AWWA-C-603	Installation of Asbestos-Cement Pressure Pipe
ASTM-C-296	Standard Specification for asbestos-cement pressure pipe
ASTM-C-500	Standard Test Methods for asbestos-cement pipe
ASTM-C-668	Standard Specification for asbestos-cement transmission pipe
ISO 160	Asbestos-cement pressure pipes and joints


MEXALIT


MEXALIT



PLANTA SANTA CLARA
Av. Hidalgo No. 180
Col. Santa Clara Acatitla
Ecatepec, Estado de México, C.P. 55540
Tels. 01 (55) 5699 3000/3180 y 3181
01 800 711 2076
david.vargas@mexalit.com.mx
armando.olivares@mexalit.com.mx

PLANTA VILLAHERMOSA
Av. Plomo No. 203
Col. Ciudad Industrial
Villahermosa, Tabasco, C.P. 86010
Tel. 01 (993) 358 20 50/52/53 y 54
01 800 201 2464
julio.alvarez@mexalit.com.mx
juanantonio.lopez@mexalit.com.mx

PLANTA CHIHUAHUA
Av. De las Industrias # 6920
Col. Nombre de Dios
Chihuahua, Chih., C.P. 31110
Tels. 01 (614) 442 0182/83 y 8501

roberto.ortega@mexalit.com.mx
jesus.cerda@mexalit.com.mx

ALMACÉN MONTERREY
Libramiento Noreste # 8003-A
Parque Industrial Mitras
García, Nuevo León, C.P. 66000
Tel. 01 (81) 8381 06 69 y 70

jesus.cerda@mexalit.com.mx
kimberly.cuevas@mexalit.com.mx

MEXALIT - EUREKA
info@mexalit.com.mx
info@grupoeureka.com.mx

